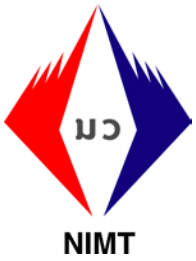


สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

National Institute of Metrology (Thailand)

เอกสารประกอบการบรรยายวิชาการ
หัวข้อ “ความเข้าใจและการตีความใบรับรองผลการวัด
และการสอบเทียบทางอุณหภูมิ สำหรับมาตรฐาน
Q Cold Chain”

วันที่ 28 เมษายน 2565
โดย สำนักการขนส่งสินค้า กรมการขนส่งทางบก
ณ ห้องแกรนด์ซี โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพมหานคร

วิทยากร
คุณธสร สิงหะเนติ
ดร.อ้อยใจ อ่องหร่าย
คุณพงษ์เทพ ภู่อุณฑะโร

Course Outline

รหัสหลักสูตร :

หลักสูตร : **Understanding and Interpreting Temperature Calibration Certificates for quality standard Q Cold Chain** **(ภาษาอังกฤษ)**

ความเข้าใจและการตีความใบรับรองผลการวัดและการสอบเทียบทางอุณหภูมิ สำหรับมาตรฐาน Q Cold Chain **(ภาษาไทย)**

วันที่ 28 เมษายน 2565

เวลา 09.00 – 16.30 น. (ลงทะเบียนเวลา 08.30 น.)

สถานที่ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชัน กรุงเทพมหานคร

วิทยากร คุณธสร สิงหะเนติ
ดร.อ้อยใจ อ่องหร่าย
คุณพงษ์เทพ ภู่อุณฑะโร

จำนวน **60** **คน**

เนื้อหาการให้คำปรึกษา

- ความสำคัญของมาตรวิทยา และการสอบย้อนกลับได้ของผลการวัดอุณหภูมิ
- ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมาตรวิทยาอุณหภูมิ และการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม อาทิเช่น PRT, TC, Thermistor สำหรับมาตรฐาน Q cold chain
- การกำหนดค่าเกณฑ์การยอมรับของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความเข้าใจเรื่องการสอบเทียบ และการทวนสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เพื่อให้เหมาะสมกับมาตรฐาน Q cold chain
- การตีความใบรับรองการสอบเทียบทางอุณหภูมิ Digital thermometer
- การตีความใบรับรองการสอบเทียบทางอุณหภูมิ Temperature Enclosures
- การตีความการวัดอุณหภูมิตามมาตรฐาน Q Cold chain
- กรณีศึกษาการวัดอุณหภูมิ Cold Chain สำหรับการเก็บรักษาสินค้า อาทิเช่น ความแตกต่างสำหรับการตรวจสอบเฉพาะหัววัด และการตรวจสอบทั้งระบบตู้ห้องเย็น

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. มีความเข้าใจพื้นฐานด้านมาตรวิทยาอุณหภูมิ และการเลือกใช้งานเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
2. สามารถเข้าใจ และตีความใบรับรองผลการสอบเทียบทางอุณหภูมิได้
3. สามารถทวนสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้
4. สามารถประเมินผลการวัดตามมาตรฐาน Q Cold Chain ได้อย่างถูกต้อง

ความรู้พื้นฐานที่ต้องมี

-

<u>หมายเหตุ</u>

1. สิ่งที่ผู้เข้ารับการอบรมควรนำมาด้วยในวันอบรม ได้แก่ เครื่องคำนวณ Scientific Calculator
2. ผู้เข้าอบรมควรมีความรู้เบื้องต้นในการวัด และวิทยากรขอไม่รับรองผลการให้คำปรึกษากรณีขาดความรู้ในหัวข้อดังกล่าว

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

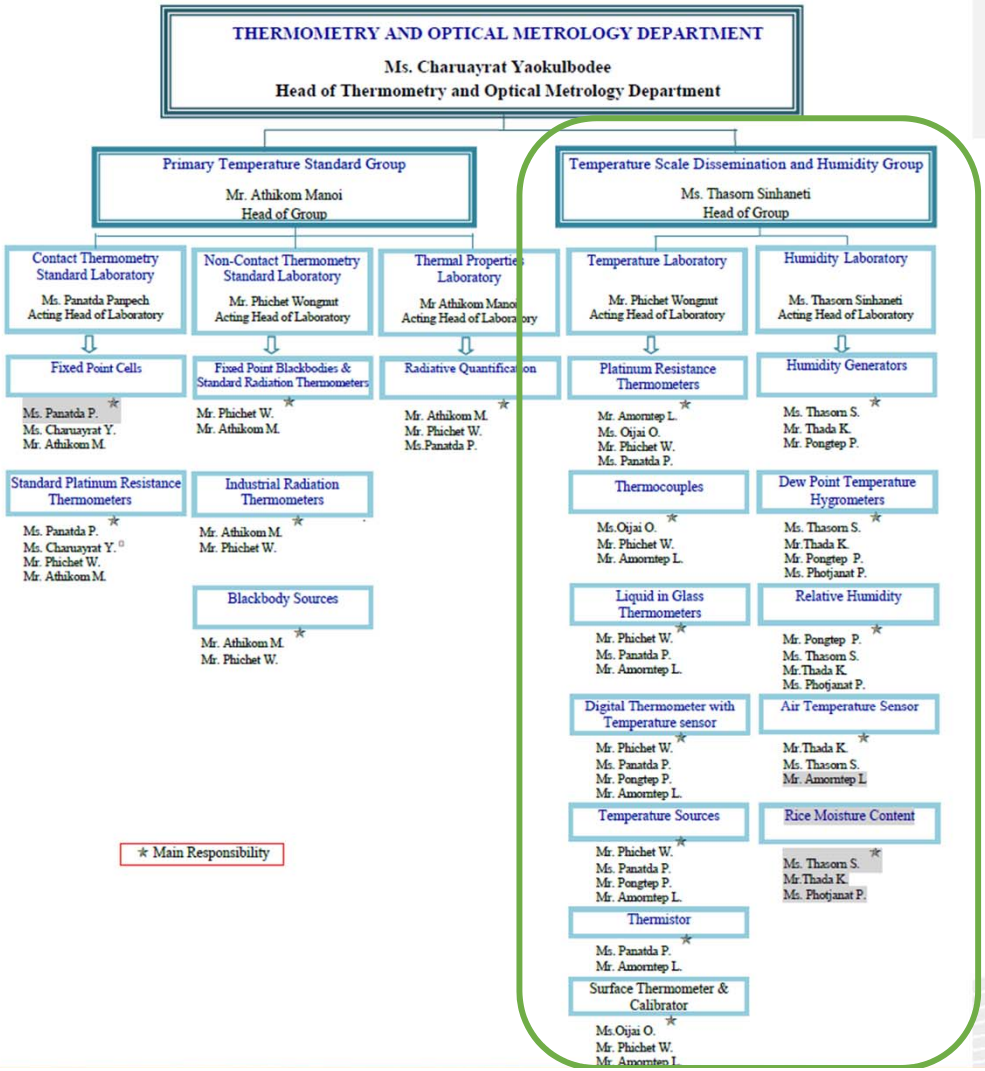
ความเข้าใจและการตีความใบรับรองผลการวัด
และ
การสอบเทียบทางอุณหภูมิสำหรับมาตรฐาน Q Cold Chain

โดย ธสร สิงหะเนติ
กลุ่มงานถ่ายทอดค่ามาตรฐานและความชื้น ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง

Outline

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- ความสำคัญของมาตรวิทยา และการสอบย้อนกลับได้ของผลการวัดอุณหภูมิ
- ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมาตรวิทยาอุณหภูมิ และการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม
- การกำหนดค่าเกณฑ์การยอมรับของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เพื่อให้เหมาะสมกับมาตรฐาน Q cold chain
- การตีความใบรับรองการสอบเทียบทางอุณหภูมิ Digital thermometer
- การตีความใบรับรองการสอบเทียบทางอุณหภูมิ Temperature Enclosures
- การตีความการวัดอุณหภูมิตามมาตรฐาน Q Cold chain
- ความแตกต่างสำหรับการตรวจสอบเฉพาะหัววัด และการตรวจสอบทั้งระบบตู้ห้องเย็น



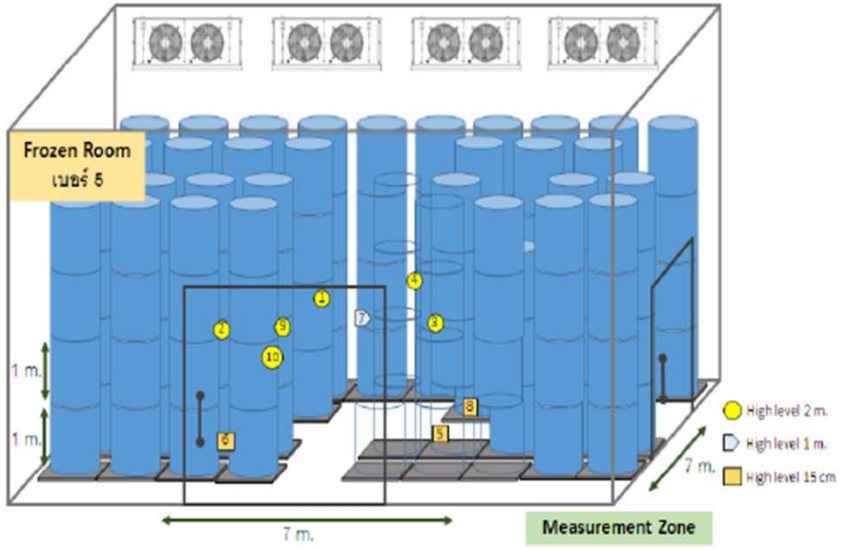
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

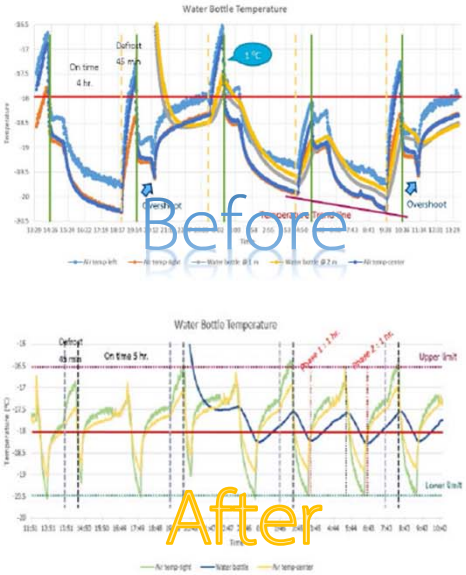
1. 12 parameter การวัดในความรับผิดชอบ
2. ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -196 °C ถึง 1 500 °C
3. ช่วงความชื้นตั้งแต่ -90 °Cdp ถึง 90 °Cdp ความชื้นสัมพัทธ์ 15%rh ถึง 97%rh
4. ให้บริการการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางอุณหภูมิและความชื้นทุกประเภท
5. บริการให้ความรู้ทางการสอบเทียบและการวัด
6. งานวิจัยทางการวัดที่ตอบสนองต่อเทคโนโลยีในปัจจุบัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- พัฒนาวิธีการวิเคราะห์และตรวจสอบอุณหภูมิใน กระบวนการต่างๆ ที่ใช้พลังงานอย่างเป็นนัยยะสาคัญ เช่น ห้องแช่แข็ง

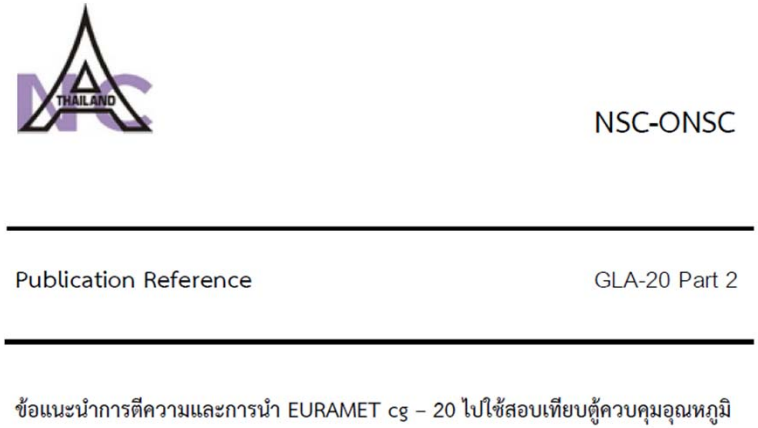




พบว่าการปรับอุณหภูมิ set point และช่วงเวลา defrost ที่เหมาะสม ทำให้คอมเพรสเซอร์ลดชั่วโมงทำงานลง สามารถประหยัดพลังงานได้ 46 %

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

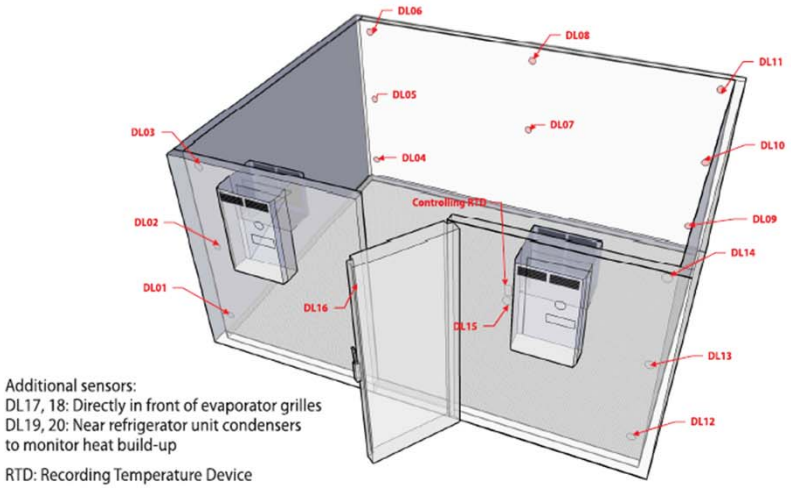


- วิธีการสอบเทียบในหน่วยวัดอุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- ใช้การเปรียบเทียบผลการวัดร่วมกับเครื่องมือมาตรฐาน ภายใต้ปริมาตรการทำงานของตู้ควบคุมอุณหภูมิในตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้
- แสดงกรรมวิธีการวัดความเสถียรของอุณหภูมิ (stability) ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ (uniformity) การแปรผันรวม (Overall variation) และความแม่นของอุณหภูมิ ในช่วงตั้งแต่ -90 °C ถึง 500 °C
- ไม่จำกัดปริมาตรของตู้ควบคุมอุณหภูมิ กรรมวิธีการสร้างของผู้ผลิต และวัตถุประสงค์การใช้งาน
- แสดงวิธีการสอบเทียบเพื่อระบุถึงการควบคุมอุณหภูมิภายใต้การกำหนดตำแหน่ง การกำหนดปริมาตร และการกำหนดอุณหภูมิที่ควบคุมในเครื่องมือ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

Temperature mapping of storage areas

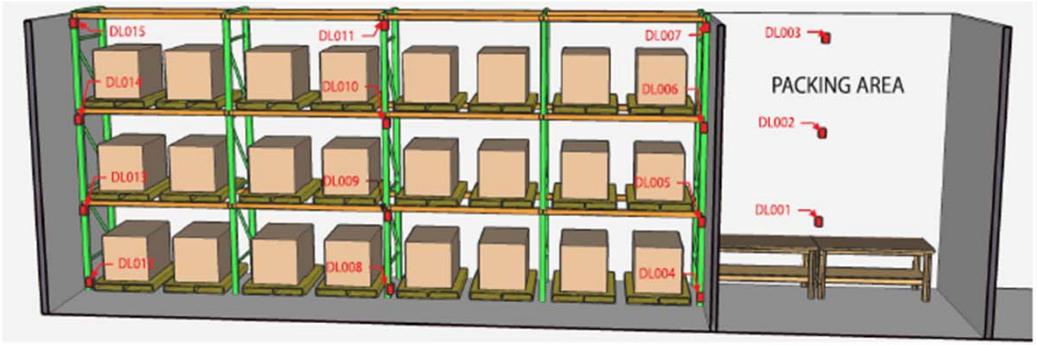
- Technical supplement to WHO Technical Report Series, No. 961, 2011
  Annex 9: Model guidance for the storage and transport of time- and temperature-sensitive pharmaceutical products



Additional sensors:
DL17, 18: Directly in front of evaporator grilles
DL19, 20: Near refrigerator unit condensers to monitor heat build-up

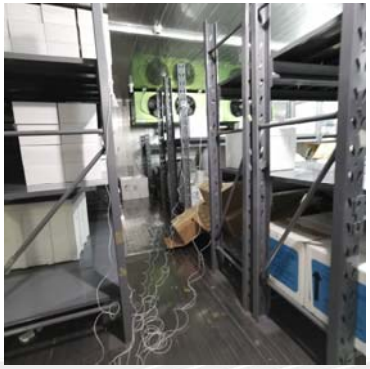
RTD: Recording Temperature Device

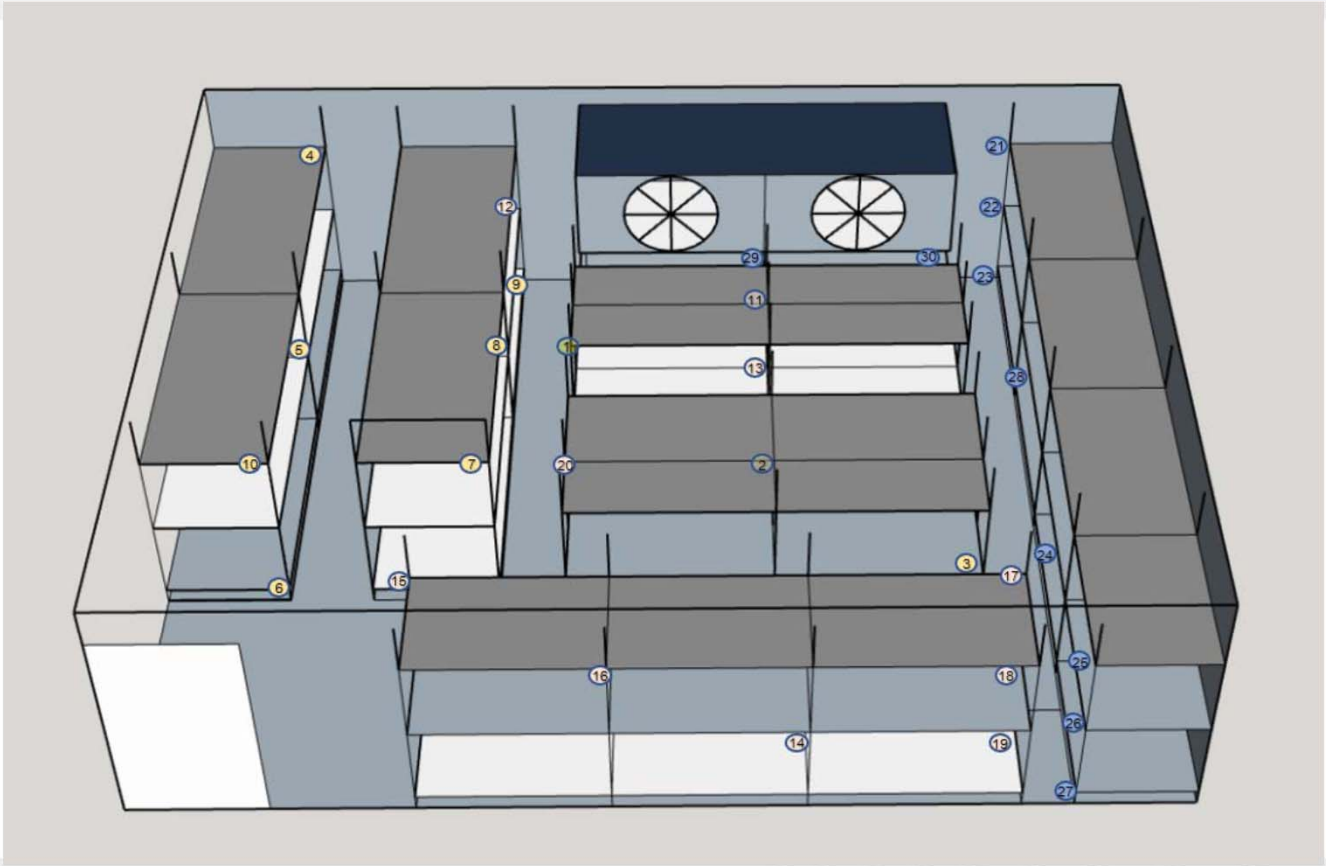
Typical location of data loggers in a pallet racking storage area



ภาพการปฏิบัติงาน : ที่กรมควบคุมโรค

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

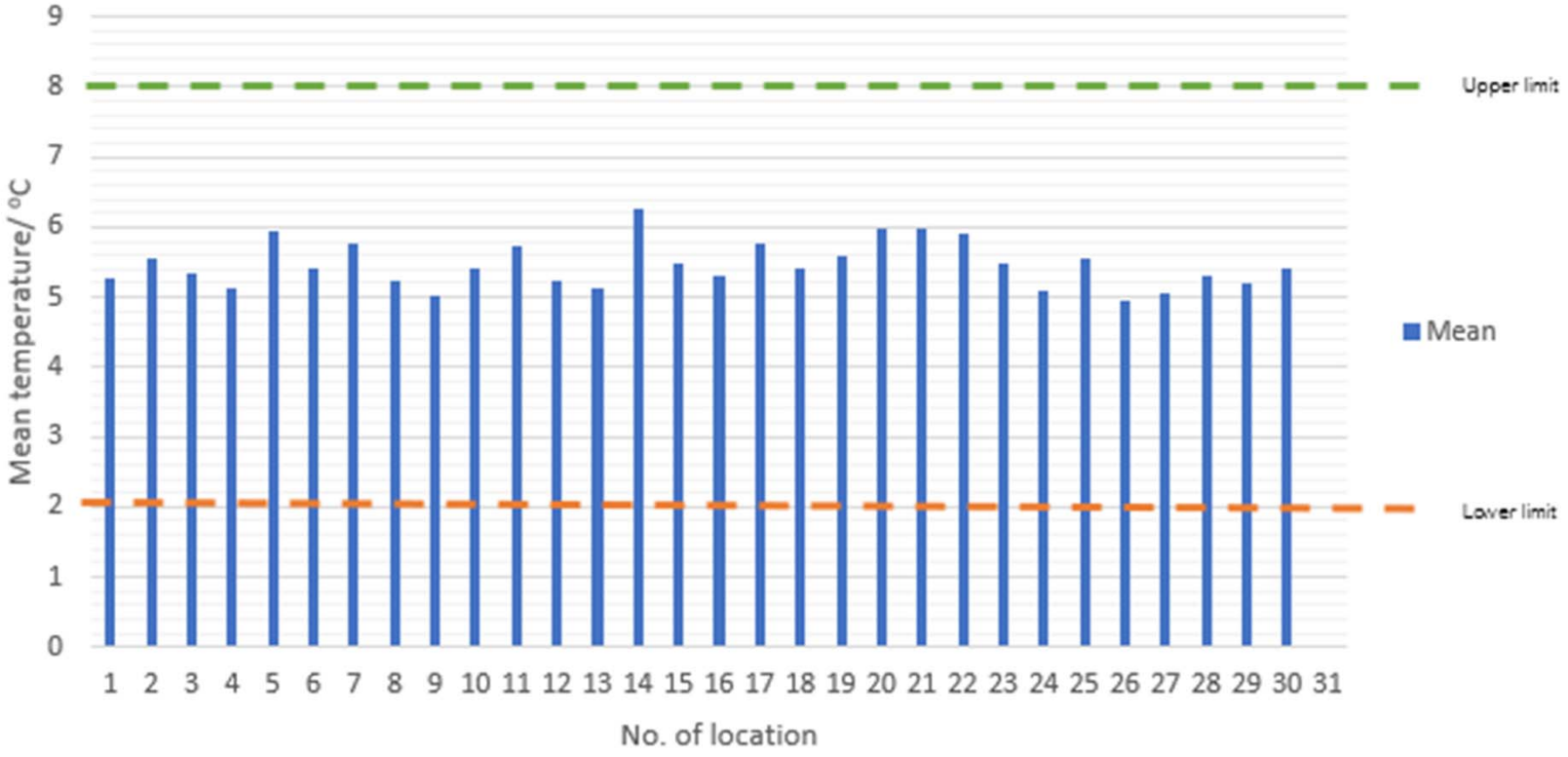




จากการวัดอุณหภูมิโดยใช้หัววัดความต้านทาน จำนวน 30 หัววัด 30 ตำแหน่ง โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 13 เป็นตำแหน่งกึ่งกลางของห้องเก็บวัคซีนขนาด 7 เมตร × 9 เมตร ระยะในการติดตั้งหัววัดแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ที่ 0.3 เมตร 1.1 เมตร และ 2.2 เมตร จากพื้น

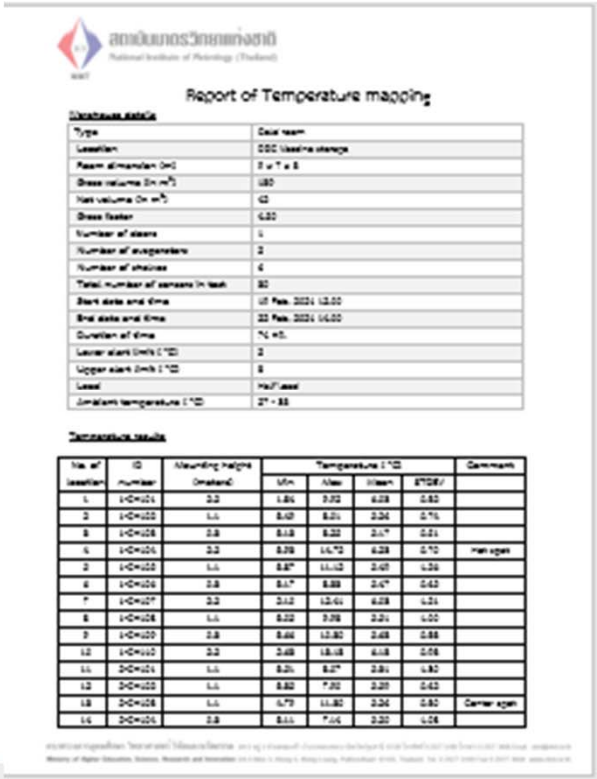
กราฟแสดงผลหลังการแก้ค่าผลการวัด

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



Report of Temperature mapping

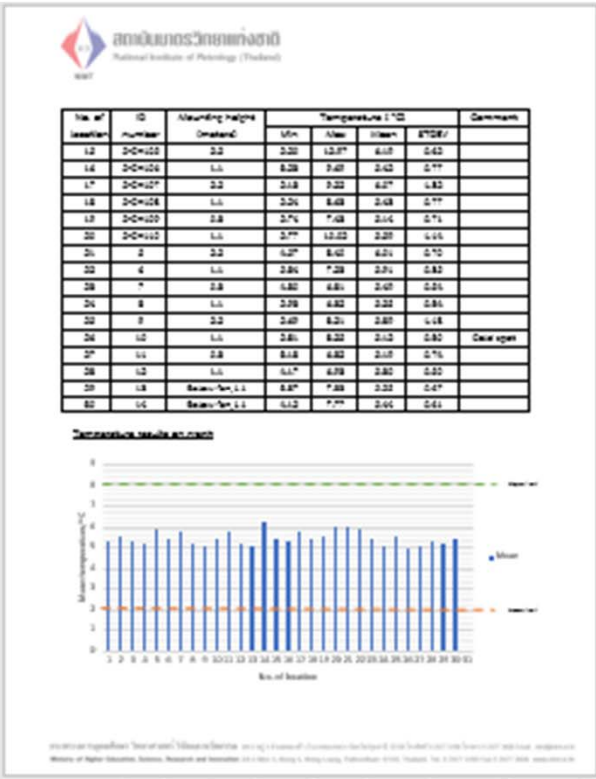
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



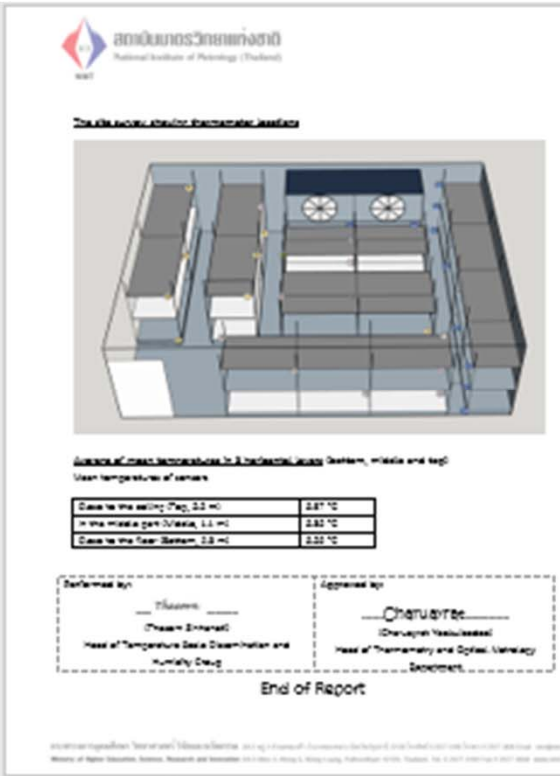
Report of Temperature mapping

Type	Case room
Location	CDC Vaccine storage
Room dimension (m)	3 x 7 x 3
Gross volume (in m^3)	180
Net volume (in m^3)	63
Gross factor	0.35
Number of doors	1
Number of evaporators	2
Number of shelves	4
Total number of sensors in task	30
Start date and time	07 Feb. 2021 13:00
End date and time	22 Feb. 2021 14:00
Duration of time	14 m3.
Lower alarm limit [°C]	2
Upper alarm limit [°C]	8
Load	Half Load
Ambient temperature [°C]	27 - 33

No. of location	ID number	Mounting height (meter)	Temperature [°C] Min	Max	Mean	STDEV	Comment
1	DC-H01	2.2	1.84	7.72	4.28	0.83	
2	DC-H02	1.1	3.47	8.21	5.24	0.74	
3	DC-H03	0.2	5.18	8.32	7.17	0.51	
4	DC-H04	2.2	5.38	14.72	6.28	0.70	High open
5	DC-H05	1.1	5.87	11.12	7.47	0.56	
6	DC-H06	0.2	5.17	8.88	7.47	0.62	
7	DC-H07	2.2	3.12	12.41	6.28	0.71	
8	DC-H08	1.1	5.32	7.78	7.21	0.33	
9	DC-H09	0.2	5.44	13.82	7.48	0.88	
10	DC-H10	2.2	3.48	15.18	6.18	0.98	
11	DC-H11	1.1	5.21	8.27	7.81	0.82	
12	DC-H12	0.2	5.82	7.32	7.21	0.43	
13	DC-H13	2.2	4.73	11.82	7.24	0.82	Center open
14	DC-H14	1.1	5.11	7.14	7.12	0.24	



No. of location	ID number	Mounting height (meter)	Temperature [°C] Min	Max	Mean	STDEV	Comment
12	DC-H12	0.2	3.32	12.27*	6.15	0.62	
14	DC-H14	1.1	5.38	7.47	7.12	0.22	
17	DC-H17	2.2	3.18	9.32	6.27*	1.82	
18	DC-H18	1.1	5.24	8.48	7.18	0.22	
19	DC-H19	0.2	3.74	7.48	7.14	0.71	
22	DC-H22	1.1	3.77	12.12	7.27	1.14	
21	2	2.2	5.2*	8.42	6.21	0.72	
23	4	1.1	5.84	7.28	7.21	0.32	
28	7	2.2	5.82	6.81	7.17	0.21	
24	8	1.1	5.78	6.82	7.22	0.21	
22	9	0.2	3.47	8.21	7.27	1.18	
26	10	1.1	5.81	8.22	7.13	0.32	Door open
27	11	2.2	5.18	6.82	7.17	0.71	
28	12	1.1	5.17	6.78	7.32	0.22	
29	13	Beam-Fan 1.1	5.87	7.38	7.22	0.47	
32	14	Beam-Fan 1.1	6.12	7.77	7.41	0.21	



Close to the ceiling (Fan), 2.2 m	2.87 °C
In the middle part (Mask), 1.1 m	2.82 °C
Close to the floor (Bottom), 0.2 m	2.22 °C

Performed by:
(Thasorn Srimuad)
Head of Temperature Data Dissemination and Humidity Dept.

Approved by:
(Charuayrat Yasuksesod)
Head of Thermometry and Optical Metrology Department

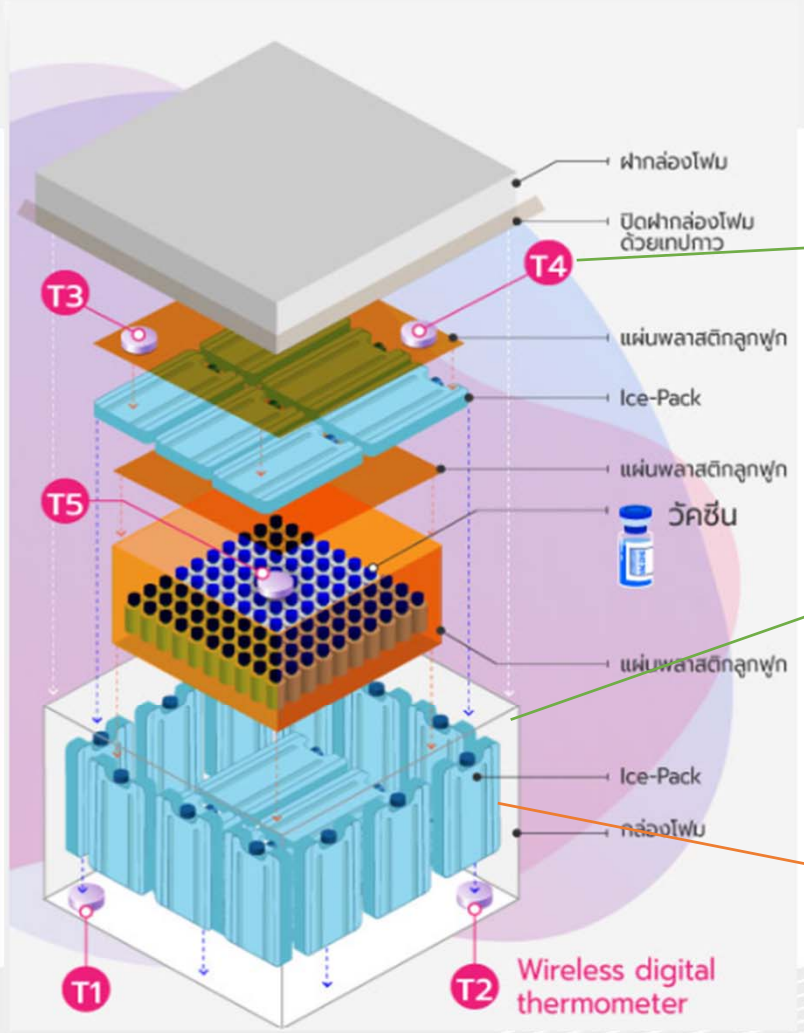
End of Report

ยืนยันประสิทธิภาพการรักษาความเย็นของกล่องโฟม+ice pack

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- สถานะระหว่างการขนส่ง นิยมใช้กระติกวัคซีน หรือกล่องโฟมในการเก็บรักษาวัคซีนไว้ชั่วคราว

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

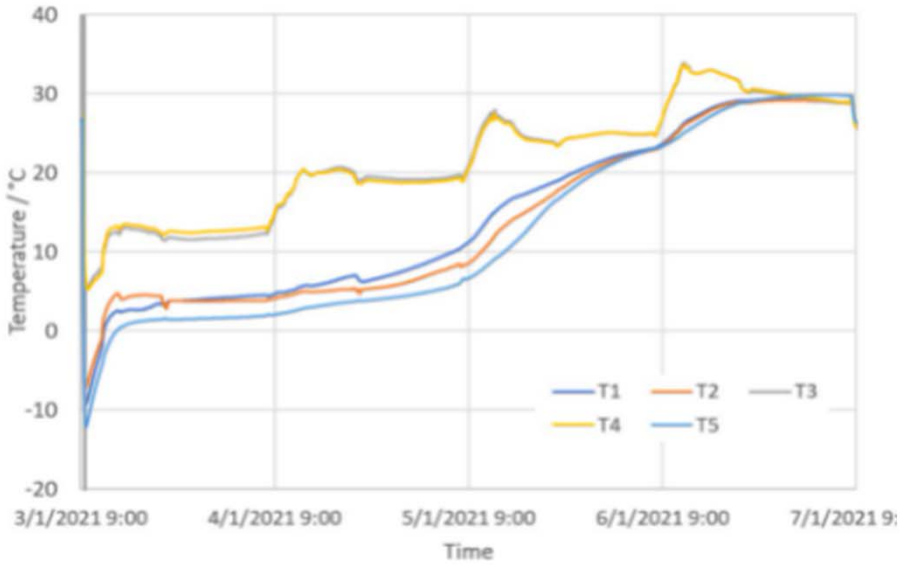


Wireless digital thermometer
ตำแหน่ง T1 ถึง T5

สามารถเก็บความเย็นที่อุณหภูมิ
ระหว่าง 2 °C ถึง 8 °C ได้อย่าง
น้อย 24 ชั่วโมง

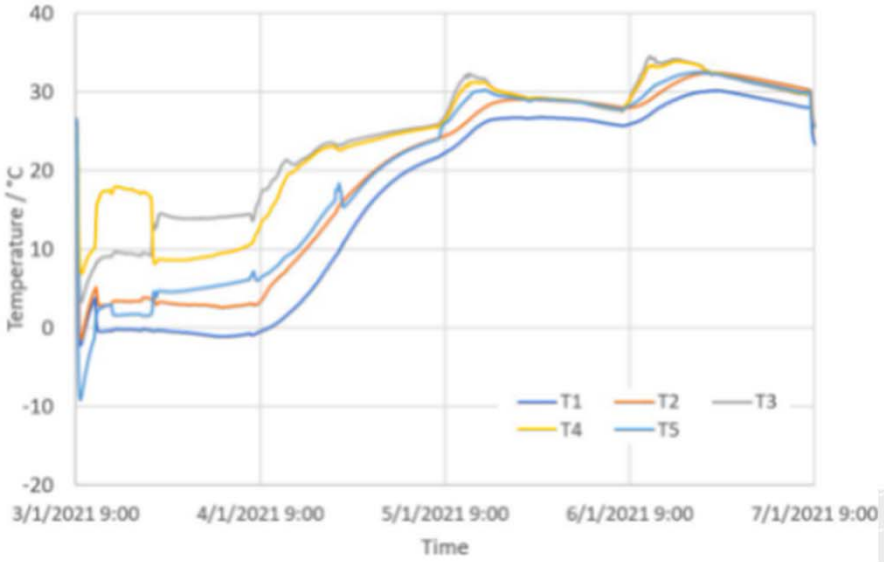
ซองน้ำแข็งจะถูกวางไว้
โดยรอบทั้ง 6 ด้าน

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



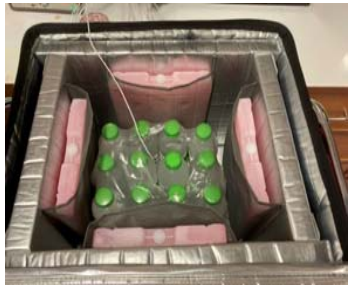
บรรจุ icepack ไว้ 6 ด้าน

ไม่ได้บรรจุ icepack ไว้ 4 ด้าน



การทดสอบกล่องเก็บความเย็น

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



- รายงานผลเป็นกราฟการเปลี่ยนแปลงของเวลาต่ออุณหภูมิ
- แสดงผลการรักษาอุณหภูมิต่อเวลาที่เปลี่ยนแปลงภายในกล่องเมื่อบรรจุ ice pack และไม่ได้บรรจุ ice pack
- ช่วงการวัดตามประเภทสินค้าที่ใช้ขนส่ง

อ้างอิง

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- http://mx.nimt.or.th/?p=13600 ยืนยัน! ประสิทธิภาพการรักษาความเย็นของกล่องโฟม+Ice Pack สำหรับการขนส่งวัคซีน
- http://guruvaccine.com/elearn/5-4-2-อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บและขนส่งวัคซีนและการดูแลรักษาอุปกรณ์
- https://www.hfocus.org/content/2021/06/22041

ขอบคุณค่ะ

thasorn@nimt.or.th
ธสร สิงหะเนติ
02-5775100 ต่อ 1307

ความเข้าใจและการตีความใบรับรองผลการวัดและการสอบเทียบทางอุณหภูมิ สำหรับมาตรฐาน Q Cold Chain (Part 1)

อ้อยใจ อ่องหร่าย

กลุ่มงานถ่ายทอดค่ามาตรฐานอุณหภูมิและความชื้น

ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

เนื้อหา

- ความสำคัญของมาตรวิทยา
- หลักการและเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดต่างๆ
- การสอบเทียบ
- การตีความใบรายงานผลการสอบเทียบ
- สรุปและคำถาม

มาตรวิทยาและการสอบย้อนกลับได้ของผลการวัด

Measurement and Traceability

ท่านคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับกิจกรรมเหล่านี้

ถ้าวัดอุณหภูมิที่ไม่ถูกต้อง

- งานอุตสาหกรรม

- ทางการแพทย์

- ในชีวิตประจำวัน
- ทางการเกษตร

ผลกระทบที่เกิดจากการวัดอุณหภูมิผิดพลาด

งานอุตสาหกรรม

- มีของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมาก
- คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน
- กระทบกับการส่งออกและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์
- มีต้นทุนในด้านพลังงานที่สูง

ผลกระทบที่เกิดจากการวัดอุณหภูมิผิดพลาด

ทางการแพทย์

- การคัดแยกผู้ป่วย ผิดพลาด

- การจัดเก็บผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ มีคุณภาพลดลง
- การฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ ไม่มีคุณภาพ
- การจัดเก็บเพื่อการรักษาสภาพของตัวอย่างก่อนการทดสอบ ไม่มีคุณภาพ

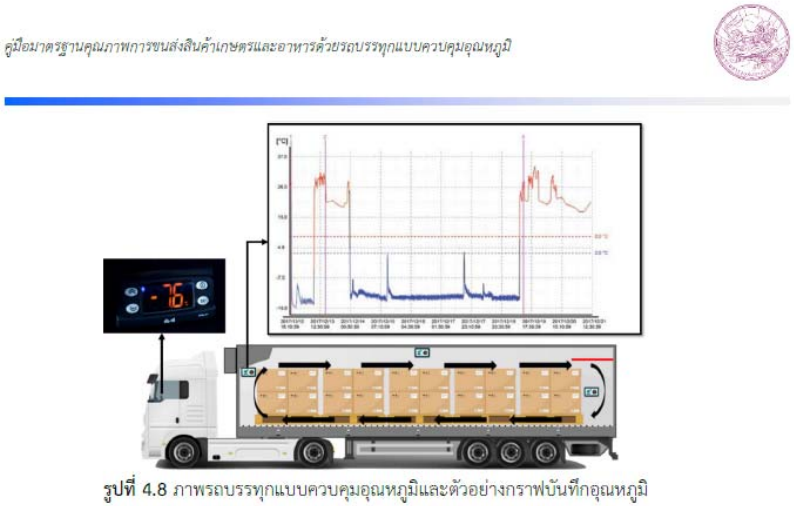
ผลกระทบที่เกิดจากการวัดอุณหภูมิผิดพลาด

☯ Cold Chain

การจัดเก็บและขนส่งสินค้า ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม

– เกิดความเสียหายต่อสินค้า และมูลค่าทางเศรษฐกิจ

- อันตรายต่อผู้บริโภค



รูปที่ 4.8 ภาพรถบรรทุกแบบควบคุมอุณหภูมิและตัวอย่างกราฟบันทึกอุณหภูมิ

มาตรฐานระบบคุณภาพและมาตรวิทยา

ความสำคัญของ**การวัดและทดสอบ**ได้รับการยอมรับและถือเป็นข้อกำหนดของมาตรฐานการประกันคุณภาพที่สำคัญๆ เช่น ISO 9000, ISO 14000 และ ISO/IEC 17025

มอก. 17025
ISO/IEC 17025
ISO 9000
ISO 14000
มอก. 18000
OHSAS 18000

"One Standard, One Test, One Certificate, Accepted everywhere."

World Standards Day 2002

1 มาตรฐาน, การทดสอบ, ใบรับรอง Certificate, ยอมรับทุกที่.. ทั่วโลก"

CODEX
GMP
HACCP&ISO 22000
ISO15189
ISO 13485
ISO 50001

มาตรวิทยาคืออะไร

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

What is metrology (www.bipm.org)

Metrology is the science of measurement, embracing both experimental and theoretical determinations at any level of uncertainty in any field of science and technology.

มาตรวิทยา คือ ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวัด ทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติทดลอง เพื่อให้ผลของการวัดต่างๆ ถูกต้องเป็นที่ยอมรับของสังคมโลก พระราชบัญญัติการพัฒนาระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ พ.ศ. 2540 และ 2559

“มาตรวิทยา” หมายความว่า ศาสตร์เกี่ยวกับการวัดปริมาณ และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ ปรับตั้งความถูกต้องของเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณหรือวิเคราะห์ทดสอบ”

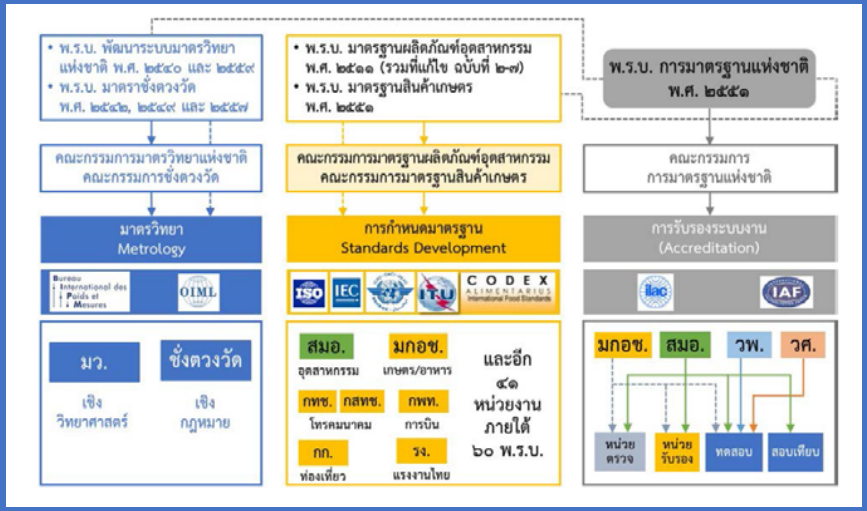
ประเภทของมาตรวิทยา

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

1. **มาตรวิทยาเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific metrology)** เกี่ยวข้องกับการจัดระเบียบและการพัฒนามาตรฐานการวัด และการดูแลรักษามาตรฐานเหล่านั้น

2. **มาตรวิทยาเชิงอุตสาหกรรม (Industrial metrology)** เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดความมั่นใจว่าเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม ทั้งในกระบวนการผลิตและกระบวนการทดสอบ ปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างเพียงพอ สำหรับการประกันคุณภาพ ความปลอดภัยในชีวิตของประชาชน

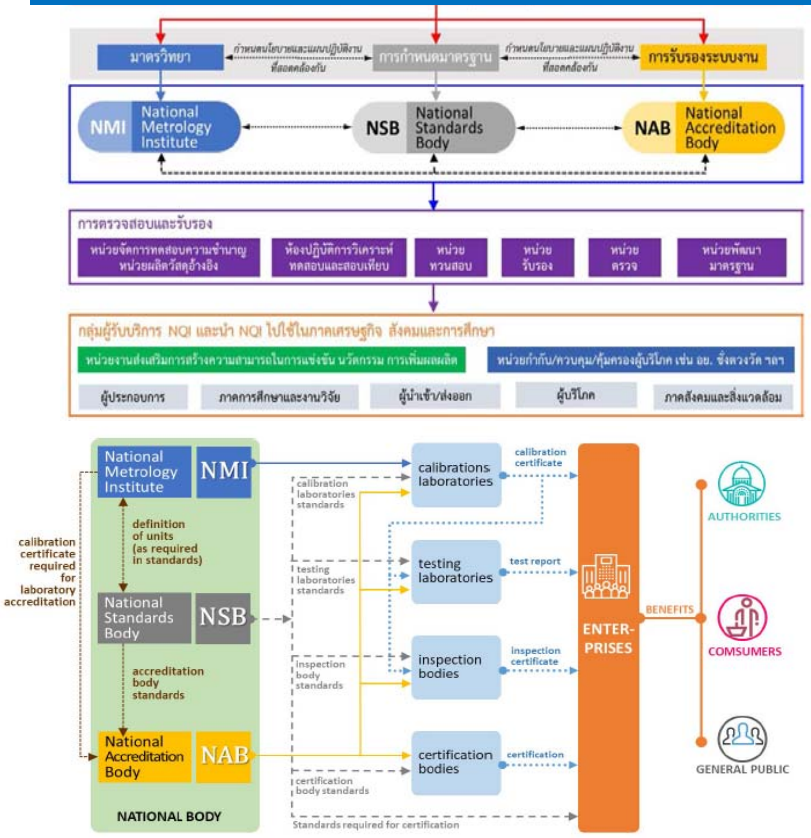
3. **มาตรวิทยาเชิงกฎหมาย (Legal metrology)** เกี่ยวข้องกับการวัดซึ่งส่งอิทธิพลต่อความโปร่งใส่ของธุรกรรมทางเศรษฐกิจ การซื้อขาย โดยเฉพาะเมื่อต้องมีการทวนสอบเชิงกฎหมาย (legal verification) ของเครื่องมือ (measuring instrument)



โครงสร้างพื้นฐานคุณภาพ (NQI) ของประเทศในอดีต-ปัจจุบัน

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

โครงสร้างพื้นฐานคุณภาพตามหลักสากล

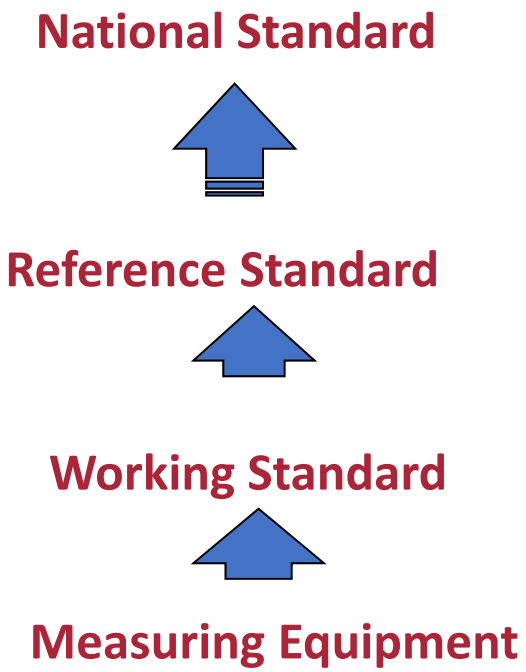


มาตรฐานการวัดที่สอบกลับได้

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

ผลการวัดจะเชื่อถือได้ หากมาตรฐานการวัดที่ใช้สามารถโยงหรืออ้างอิงถึงมาตรฐานระดับชาติหรือมาตรฐานระดับสากลที่สูงกว่า คุณสมบัติดังกล่าวของผลการวัด เรียกว่า ความสามารถสอบกลับได้

(Traceability)



สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

National Standard
มาตรฐานระหว่างประเทศ

0.001 K

Reference Standard
เครื่องมือมาตรฐานที่มีความถูกต้องสูง

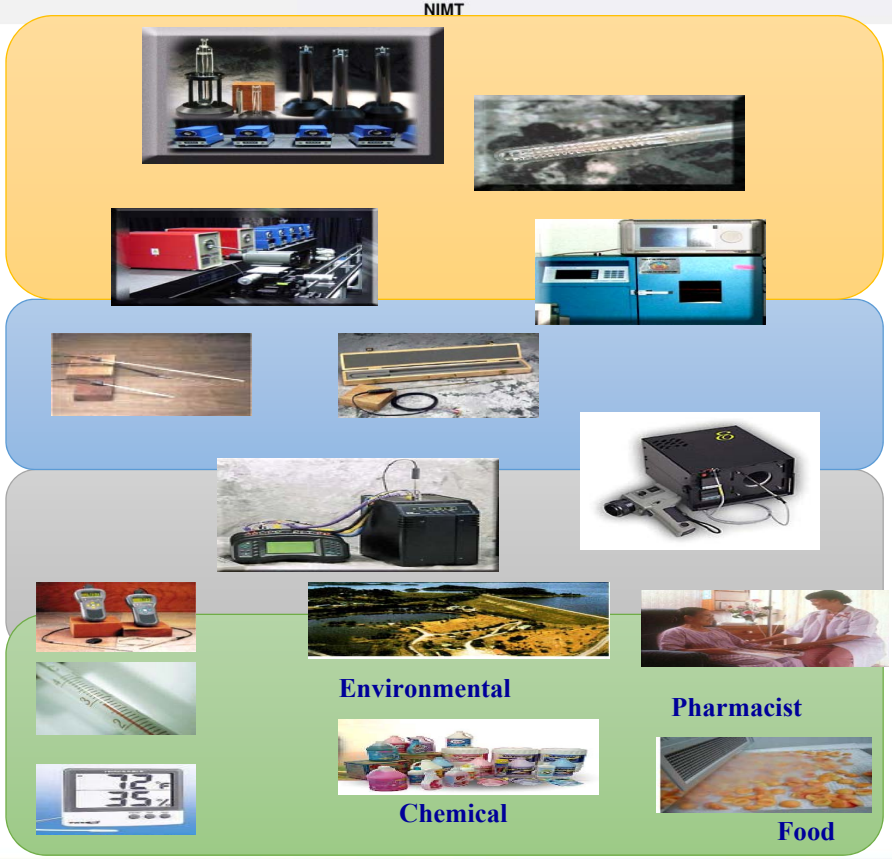
0.005 K

Working Standard
เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

0.05 K

Measuring Equipment
เครื่องมือวัดที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรม

0.5 K

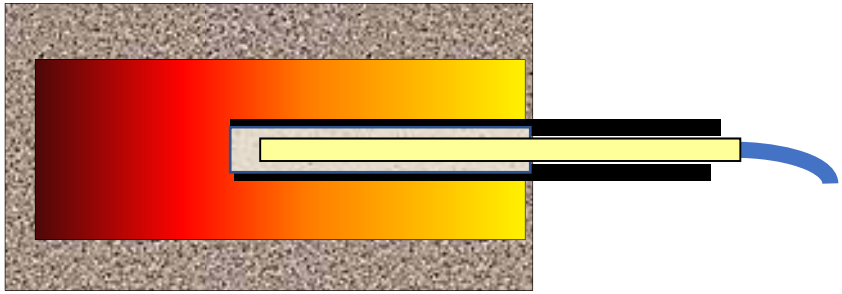


Measurement Traceability

มาตรวิทยาอุณหภูมิ

อุณหภูมิ

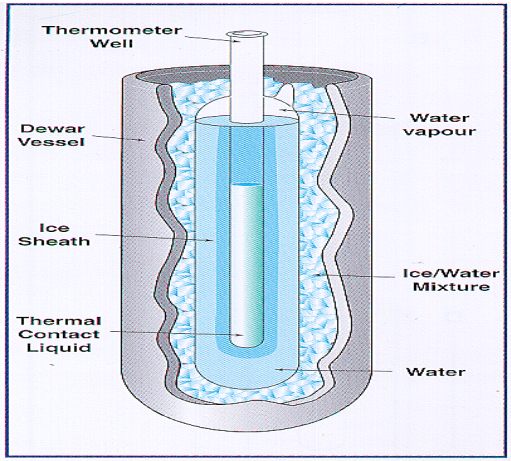
- อุณหภูมิเป็น intensive quantity กล่าวคือ ค่าของอุณหภูมิไม่สามารถรวมกันเหมือนมวล หรือความยาว
- การวัดอุณหภูมิให้ถูกต้องนั้นต้องให้สภาวะที่อุณหภูมินั้นสมดุลเสียก่อน



Temperature Measurement

- การถ่ายเทความร้อน-อุณหภูมิ มีหลายรูปแบบ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี

Water Triple Point Cells



จุดสามสถานะของน้ำ คือ จุดที่น้ำมีความสมดุลทางอุณหภูมิของก๊าซ (water-vapour) ของเหลว (water) และ ของแข็ง (ice) ภายใต้อุณหภูมิและความดันคงที่ค่าหนึ่ง

t_{TPW} = 273.16 K

หรือ t_{TPW} = 0.01 °C

Fixed Point Cells

Freezing Points:

State of phase change from Liquid to Solid

Melting Points:

State of phase change from Solid to Liquid

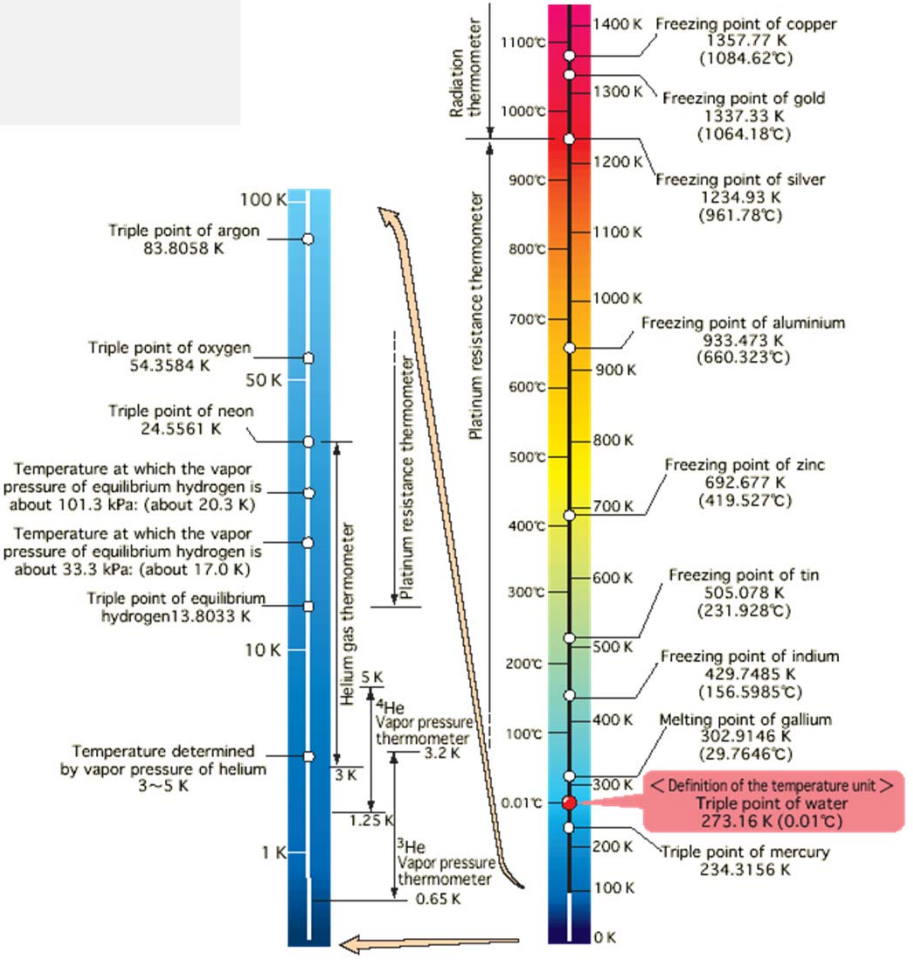
Triple Points:

Three phases (gas, liquid, and solid) of the substance coexist in thermodynamic equilibrium

Boiling Points:

State of phase change from Liquid to Vapour

เสกลอุณหภูมิมาตรฐาน



www.nmij.jp/.../temp_physprop_en.html

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

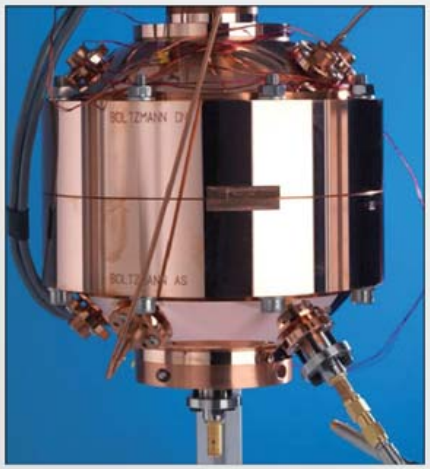
"เคลวิน" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้
ค่าคงตัวของโบลต์ซมันน์ (Boltzmann)
มีค่า 1.380 649 x 10^{-23}
ในหน่วย kg m^2 s^{-2} K^{-1}

มีผลบังคับตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม 2562

"The kelvin, symbol K, is the SI unit of thermodynamic temperature. It is defined by taking the fixed numerical value of the Boltzmann constant k to be 1.380 649 x 10^{-23} when expressed in the unit J K^{-1}, which is equal to kg m^2 s^{-2} K^{-1}, where the kilogram, metre and second are defined in terms of h, c and $\Delta\nu_{Cs}$.

Effective from May 20, 2019."

คศ. 2019
นิยามอุณหภูมิใหม่ ไม่ส่งผลกระทบ
กับ มาตรฐานเดิมที่มีอยู่



ภาพ: http://projects.npl.co.uk/ink/wp3

การหาค่าอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกส์ ตามนิยามใหม่ ทำได้หลายวิธี หนึ่งในวิธีที่นิยมมากที่สุด ในสถาบันมาตรวิทยาหลายประเทศ ได้ทำการวิจัยและพัฒนา สำหรับหาค่าคงที่โบลต์ซมันต์ คือ Acoustic Gas Thermometry (AGT) คือ การวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกส์ T และ ความเร็วของเสียงในก๊าซเฉื่อย (เช่น อาร์กอน และ ฮีเลียม) ที่ความถี่ Resonance frequency ที่เกิดขึ้นภายในปริมาตรที่ทราบขนาดแน่นอน

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ประวัติของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ความรู้สึกร้อน - เย็น

การขยายตัวและหดตัวของอากาศ

(Thermoscope)

no scale !!!

1592-1603

1650

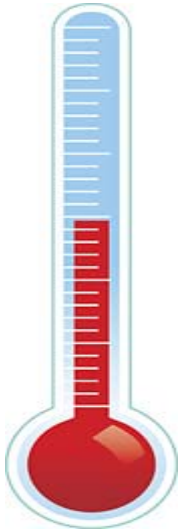
Liquid-in-Glass Thermometer

°F ปี 1724 °C ปี 1742

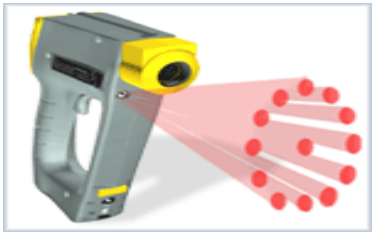
Sensors ชนิดต่าง ๆ (RTD, TC, RT, etc.)

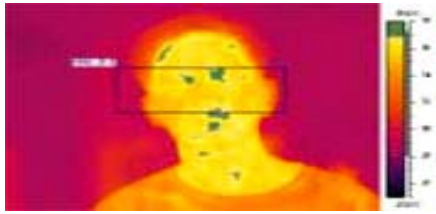
การจำแนกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ : ตามลักษณะการใช้งาน

- เทอร์โมมิเตอร์ แบบสัมผัส (Contact Thermometers)



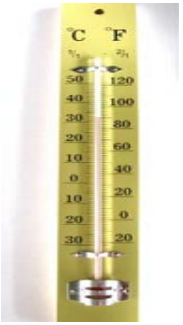
- เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดไม่สัมผัส (Non-contact Thermometers





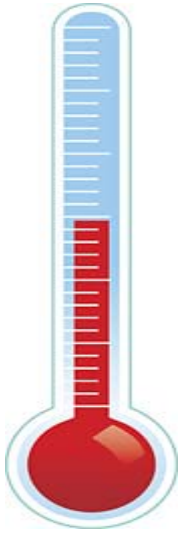
การจำแนกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ : ตามลักษณะการอ่านค่า

- เทอร์โมมิเตอร์แบบ อะนาล็อก (Analog thermometers)

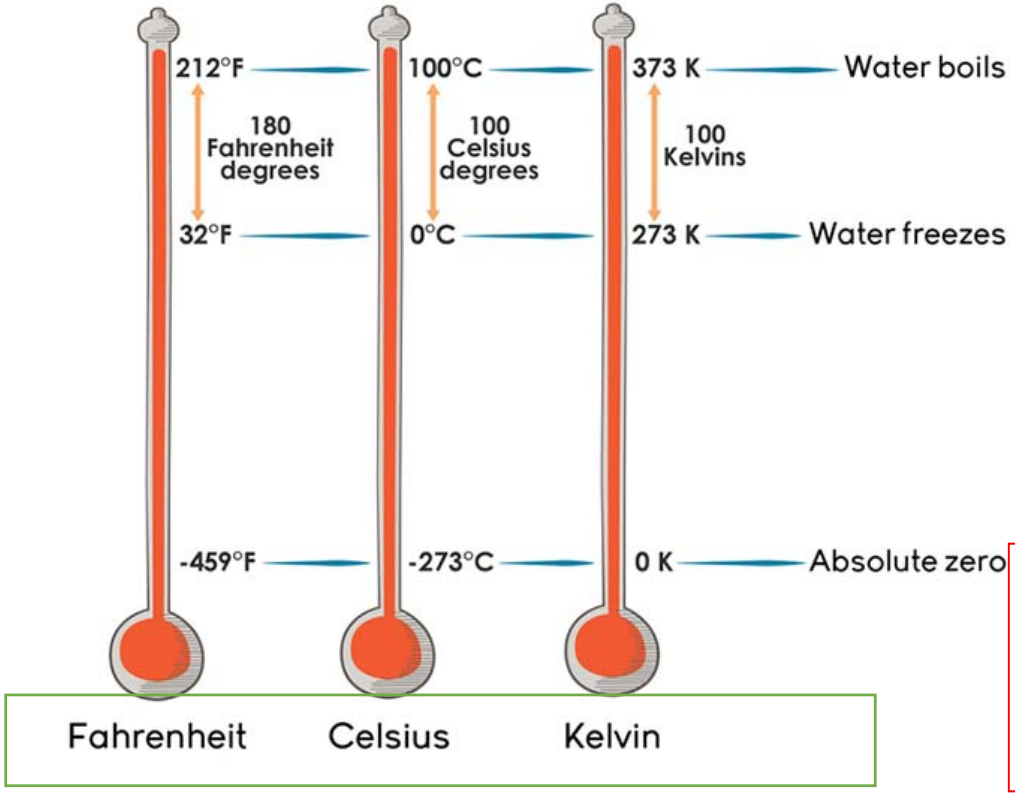


- เทอร์โมมิเตอร์ แบบดิจิทัล (Digital Thermometers)

การจำแนกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ : ตามหลักการวัดอุณหภูมิ



1. **การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล/ Mechanical** (liquid-in-glass thermometers, bimetallic strips, etc.).
2. **การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า: ความต้านทาน**/ Thermoresistive (Platinum Resistance Thermometer and thermistors)
3. **การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า:ความความต่างศักย์/** (Thermocouples)
4. **การแผ่รังสี Radiative** (Infrared and optical pyrometers)
5. อื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและวัสดุ, การเปลี่ยนสี



หน่วยวัดอุณหภูมิ

$$^{o}\text{Fahrenheit} = \left[\frac{9}{5} \times {}^{o}\text{C}\right] + 32$$

$$^{o}\text{Celsius} = \left[{}^{o}\text{F} - 32\right] \times \frac{5}{9}$$

$$^{o}\text{Kelvin} = {}^{o}\text{C} + 273.15$$

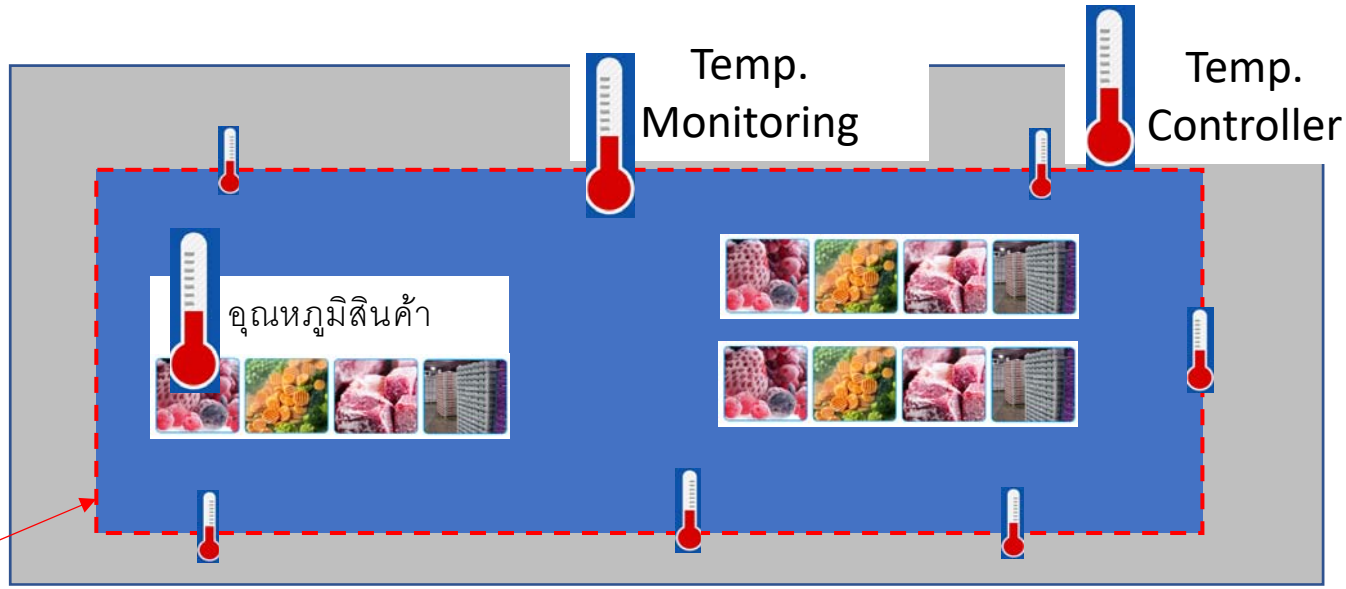
ระดับอุณหภูมิ >>>>> 10 °C = 283.15 K = 50 °F

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Δt) / ความคลาดเคลื่อน

หรือค่าความไม่แน่นอน >>>> 1 °C = 1 K = 1.8 °F

การวัดอุณหภูมิใน Cold chain

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



การวัดอุณหภูมิใน **Cold chain**

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- การวัดอุณหภูมิจริง ของสินค้าขณะขนส่งทำได้ยาก
- การอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ผิดพลาด เนื่องจาก
  - เครื่องมือไม่ได้ผ่านการสอบเทียบ
  - เครื่องมือวัดอุณหภูมิเลื่อนค่า
  - อ่านค่าอุณหภูมิผิดพลาด
- อุณหภูมิที่ต่างกันตามบริเวณต่างๆ ที่จัดเก็บสินค้า
- อุณหภูมิที่ไม่เสถียร (เปลี่ยนแหลงไปตามเวลา)
  - การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อ เปิด ปิด ประตู
  - สภาพอากาศ และ ฤดูกาล
  - ความผิดปกติของการควบคุมอุณหภูมิ Temp Controller และ Storage area

Cold Chain Temperature monitoring

การขนส่งสินค้าในรถขนส่ง มีประสิทธิภาพ ได้อย่างไร ?

>> สืบค้นจากประวัติ **ข้อมูลอุณหภูมิ** ระหว่างที่ทำการขนส่ง

อุณหภูมิในห้องเย็น รถขนส่ง ไม่ใช่การวัดอุณหภูมิเพียงแค่จุดใดจุดหนึ่ง

>> มีการขึ้นลงของอุณหภูมิ ในรอบการทำความเย็น compressor

>> การไหลเวียนของอากาศภายใน

>> สภาวะอากาศภายนอก

>> รอบการละลายน้ำแข็ง การบรรจุ (Half load /Full load)

>> ตำแหน่งของเทอร์โมมิเตอร์ที่กำลังวัด

คุณกำลังวัด
อุณหภูมิอะไร ?

ท่านยอมรับอุณหภูมิที่ผิดพลาดได้เท่าใด ?

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

ชนิดสินค้า	
	แช่แข็ง (<-18°C)
	แช่เย็น (0 – 4°C)
	ผักและผลไม้สด (4 – 15°C)

(A) $(-17 \pm 0.5)\ ^{o}C$ (B) $(-15 \pm 3)\ ^{o}C$

(A) $(2 \pm 2)\ ^{o}C$ (B) $(3 \pm 1)\ ^{o}C$

(A) $(8 \pm 2)\ ^{o}C$ (B) $(8 \pm 4)\ ^{o}C$

การใช้งานอย่างถูกต้อง การสอบเทียบ
และจัดการเครื่องมือวัดอุณหภูมิ อย่างถูกต้องจึงสำคัญ

การเลือก เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- ช่วงอุณหภูมิใช้งาน และระดับความถูกต้อง
- วัตถุประสงค์ในการใช้งาน
- ขนาดและน้ำหนัก การติดตั้ง การแสดงผล และถ่ายโอนข้อมูล
- มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ เช่น ความสะอาด ความปลอดภัย i.e. food, medical, petroleum, heavy industrial
- การบำรุงรักษา การสอบเทียบ
- การทนทานต่อสภาวะการใช้งาน เช่น ความชื้น ฝุ่นละออง

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

1. เทอร์โมมิเตอร์แท่งแก้ว (Liquid in Glass thermometer, LIG)
2. เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature gauges)
3. ดิจิทัลเทอร์โมมิเตอร์ (Digital thermometer, DTM) & Data loggers

เซ็นเซอร์:

-เทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (Resistance Temperature detector-RTD)

- Platinum resistance thermometer (PRT)

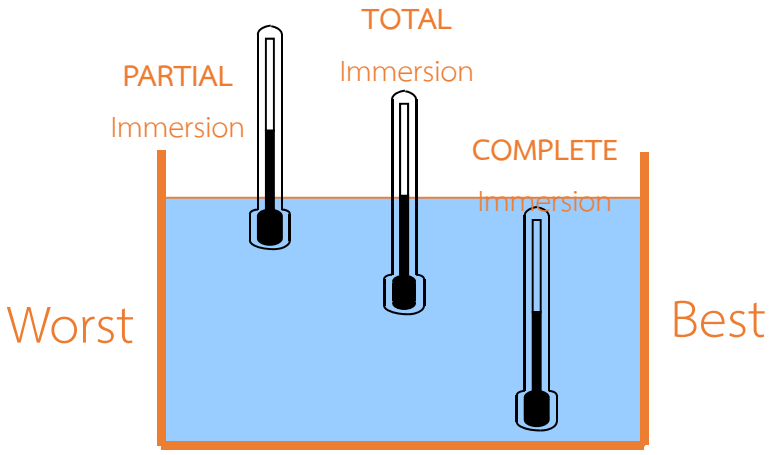
- เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

-เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple, TC)

1. เทอร์โมมิเตอร์แท่งแก้ว

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

Liquid-in-Glass Thermometer (LIG)



เทอร์โมมิเตอร์แท่งแก้ว :

1. Enclose Scale

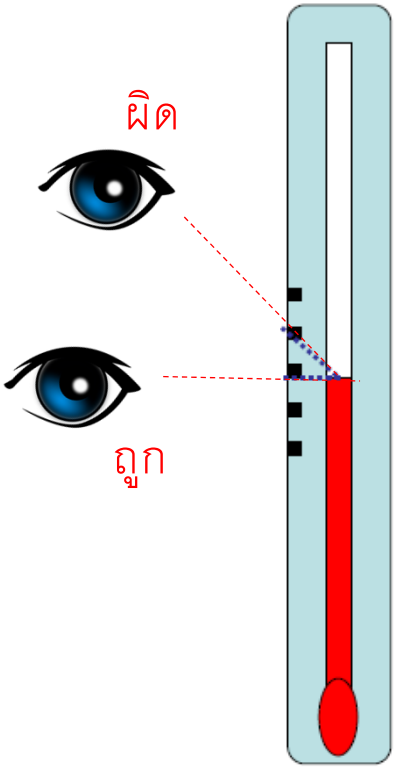
- สเกลซึ่งพิมพ์อยู่บนแผ่นแยกต่างหากจากลำก้านของเหลว
- ท่อทางเดินของของเหลวที่อยู่เหนือแผ่นสเกล

2. Solid Stem

- มาตรฐานแบบ ASTM
- สเกลหลักอยู่บนก้านแก้ว(stem)

ข้อควรระวังในการใช้งาน LIG

- ก่อนใช้งาน ควรสังเกตความสมบูรณ์ของลำของเหลวและก้าน
- ถ้าเกิดการแตกร้าว, สเกลเลื่อน, ผลการอ่านจะมีค่าผิดพลาดไปทันที ให้ติดต่อผู้ผลิต
- ความผิดพลาดจากมุมเหลื่อมของการอ่าน (parallax error)



2. Temperature Gauge

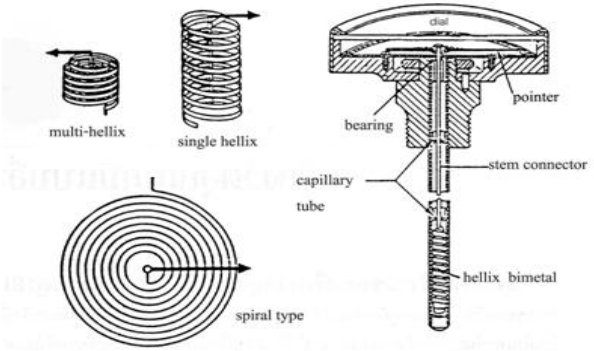
Bimetal ใช้หลักการขยายตัวของวัสดุ คือ เมื่อวัสดุได้รับความร้อนหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง การขยายตัวของวัสดุ จะอาศัยความสัมพันธ์แถบโลหะ 2 ชนิด เมื่อได้รับความร้อน การขยายตัวที่แตกต่างกัน ทำให้แถบโลหะเกิดการโค้งงอขึ้น

ข้อดี ยังใช้งานได้แม้ไฟดับ

ข้อควรระวัง

Max –Min temp ควรประมาณ 80% of Full scall

ใช้เกิน Scale → เข็มค้าง // การปนเปื้อน สนิม



3. Digital thermometers (DTM)

Digital Thermometers

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่เชื่อมกับเทอร์โมมิเตอร์เซ็นเซอร์ ประมวลผลและอ่านค่าได้เป็นตัวเลขดิจิตอล

- ใช้งานง่ายและสะดวกรวดเร็ว
- ใช้ร่วมกับเทอร์โมมิเตอร์หลายชนิด

- *RTD, Thermistor, or Thermocouple*
- มีหลาย รูปแบบ ราคา
- มีหลายระดับความถูกต้อง/ ความละเอียด
- Resolution หรือความละเอียดของเครื่องมือ (1 , 0.1, 0.01, 0.001,...)

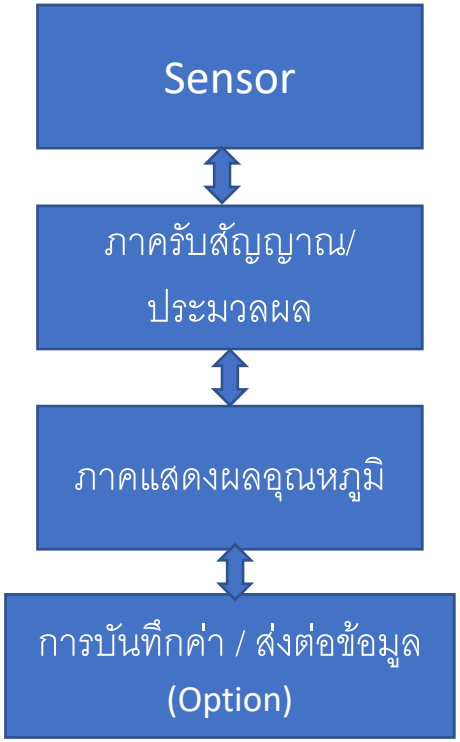
องค์ประกอบสำคัญ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

หน้าจอ - แสดงผลอุณหภูมิ

Probe

เทอร์โมมิเตอร์ เซนเซอร์ด้านใน



Temperature Data loggers

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- เทอร์โมมิเตอร์จัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิต่อเนื่อง ได้ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์
- บางรุ่น ไร้สาย สามารถถ่ายโอนข้อมูลผ่าน Bluetooth หรือ WIFI
- จัดเก็บแบบ Real time สะดวกรวดเร็ว
- สามารถวิเคราะห์ผล เป็นกราฟข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยไม่ต้องจดบันทึกค่า
- ในบางรุ่น สามารถแจ้งเตือนถึงปัญหาอุณหภูมิได้ บันทึกข้อมูลได้หลากหลาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การสั่นสะเทือน

ข้อจำกัด : ต้องใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น อาจมีข้อจำกัดในการสอบเทียบ

เซนเซอร์ DTM / Data logger

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- **Resistance Temperature Detector (RTD)**

ความต้านทานเปลี่ยน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน

แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ PRT RTD (Pt100) และ Thermistor

- **Thermocouple**

ความต่างศักย์เปลี่ยน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน (มีหลายชนิด)

- **อื่นๆ เช่น Solid State temperature sensors**

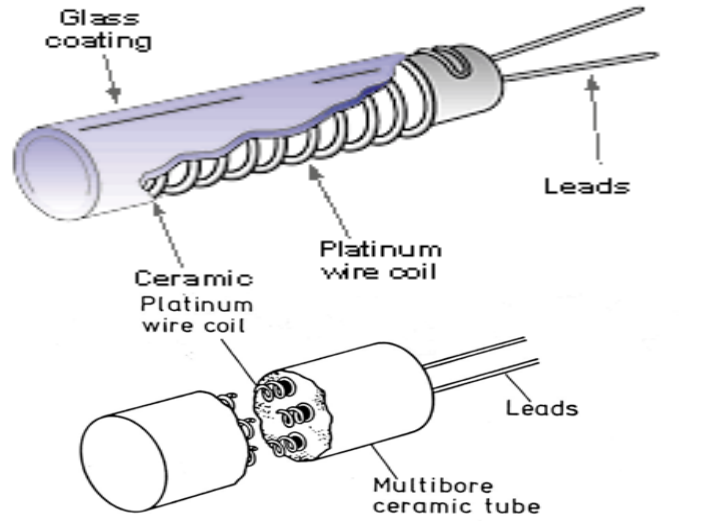
ปรับเปลี่ยนกระแสเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน

3.1 Digital thermometer with RTDs

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- ระดับความถูกต้องสูง มีราคาสูง (>0.01 °C)
- วัดความต้านทานด้วยฟังก์ชันการวัดที่ซับซ้อน (Resistance Bridge)
- บางรุ่น มีฟังก์ชันให้ปรับสัมประสิทธิ์ภายในได้
- บันทึก/ถ่ายโอนข้อมูลได้

เทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (PRT, RTD)

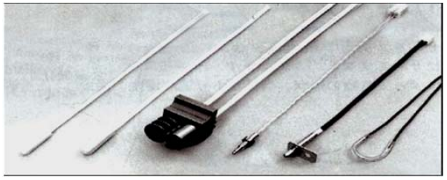


INDUSTRIAL PLATINUM RESISTANCE THERMOMETER (CERAMIC ENCASED)

- ใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานในเส้นลวดโลหะเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (thermo-resistive)
- Platinum เป็นโครงสร้างหลักของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้แต่การผสมกันของโลหะชนิดอื่นเพื่อให้ได้ช่วงการวัดอุณหภูมิที่กว้างขึ้น

เทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (PRT, RTD)

- เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่ถูกต้องสูงที่สุด
- **Nominal Resistance at 0 °C : 100 ohm**
- ใช้งานช่วงอุณหภูมิกว้าง (-200 ถึง 650) °C
- เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง (U< 0.05 °C)
- นิยมใช้ร่วมกับ Digital thermometers
- นิยมใช้เป็น Master thermometer ได้
- มี Class A / Class B

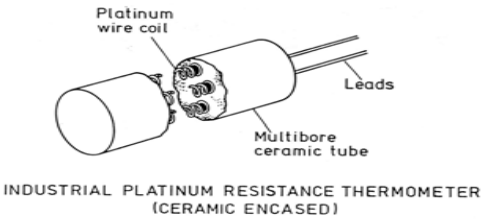


ข้อควรระวังในการใช้งาน

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- มีราคาสูง มีความ**เปราะบาง**
- สั่น ตก / กระแทก ความชื้น → เลื่อน ค่าความต้านทาน → อ่านค่าอุณหภูมิ ผิดพลาด
- ระยะจุ่ม โพรบสัมผัสอุณหภูมิ ต้อง เหมาะสม (อย่างน้อย 15 เท่าของเส้นผ่าน ศูนย์กลาง)

RTD / PRT Probe



INDUSTRIAL PLATINUM RESISTANCE THERMOMETER (CERAMIC ENCASED)

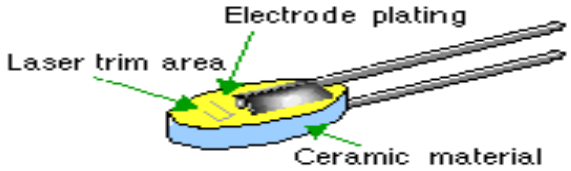
3.2 Digital thermometer with thermistor probes

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

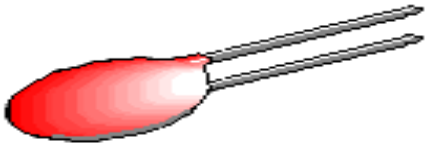
- Transmitter ของ thermistor มีความซับซ้อนน้อยกว่า PRT
- ราคาไม่แพง
- นิยมใช้งานและสอบเทียบแบบ Digital Thermometer
- นิยมใช้คู่กับ Indicator / Data recorders

3.2 เทอร์มิสเตอร์ Thermistors

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



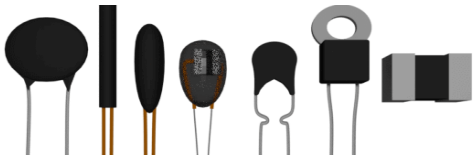
Thermistor without Encapsulation


Thermistor with Encapsulation

- Thermistor มีหลักการทำงานเหมือน PRT แต่ใช้ semiconductor material แทนที่โลหะและมีความไวต่ออุณหภูมิมากกว่า PRT ในขณะที่ค่าความต้านทานของอุณหภูมิที่อ่านค่าได้กลับมีค่าไม่เป็นเชิงเส้นเหมือน PRT (NTC)

- ไม่นิยมใช้วัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C
- วัดอุณหภูมิได้ดีในอุณหภูมิช่วงสั้นๆ
- สอบเทียบ uncertainty < 0.01 K

Thermistor Standard Forms: 300 Ω to 100 MΩ
Rod moderate power capacity, 1 kΩ to 150 kΩ
NTC: Negative Temperature Coefficient (commercial)
PTC: Positive Temperature Coefficient (Safety application)



- Thermistor ทำจาก semiconductor โลหะผสม >> ราคาไม่แพง
- ความต้านทาน 1K, 2K, 10K, 20K, 100K,... ที่ 25 °C
- ช่วงการใช้งานแคบกว่า PRT แต่สามารถให้ความถูกต้องระดับ Class PRT (ขึ้นกับรุ่น) ในการใช้งานช่วงอุณหภูมิแคบๆ เช่น อุณหภูมิห้อง
- General thermistor eq. : $\frac{1}{T} = A + B\ln(R) + C[\ln(R)]^2 + D[\ln(R)]^3$

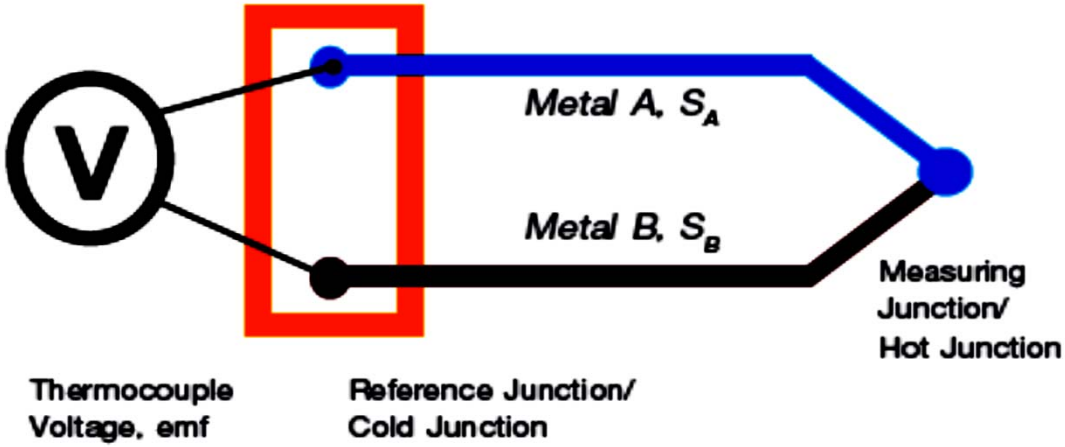
3.3 Digital thermometer with Thermocouple probe

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- ระดับความถูกต้องไม่สูงนัก
- ทนทาน ราคาประหยัด
- Accuracy (0.5 – 5) °C
- บางรุ่น สามารถเลือกชนิดของเทอร์โมคัปเปิลได้

Thermocouples

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



เทอร์โมคัปเปิล จะแสดงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V) ออกมา สัมพันธ์กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่จุดรอยต่อวัด (Measuring Junction) เทียบกับ จุดอุณหภูมิอ้างอิง (Reference cold Junction) / จุดอ้างอิงในตารางมาตรฐาน หรือการสอบเทียบ คือที่ 0°C (Ice Point)

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple = Thermal + couple)

1 โลหะสองชนิดที่ต่างกัน

2 ปลายเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

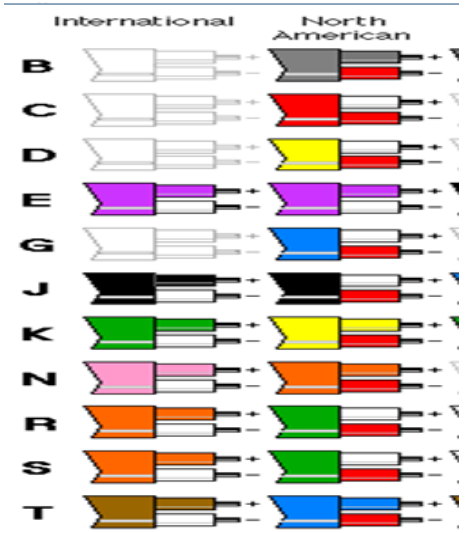
3 Output (V) สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างรอยต่อทั้งสอง

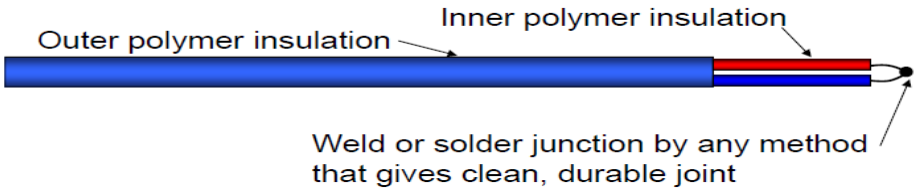
ตัวอ่าน TC จะใช้ร่วมกับ วงจรชดเชยจุดอุณหภูมิอ้างอิง (Cold Junction compensation)

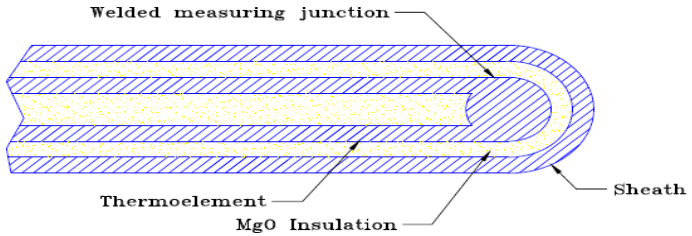
ชนิดและช่วงอุณหภูมิใช้งาน

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

TC type	Ref. func. range, °C	Nominal composition majority component in italics, % in mass	
		Positive leg	Negative leg
B	0 to 1820	*platinum*-30% rhodium	*platinum*-6% rhodium
E	-270 to 1000	*nickel*-chromium alloy	*copper*-nickel alloy
J	-210 to 1200	iron	*copper*-nickel alloy
K	-270 to 1372	*nickel*-chromium alloy	*nickel*-aluminum alloy
N	-270 to 1300	*nickel*-chromium-silicon	*nickel*-silicon-magnesium
R	-50 to 1768	*platinum*-13% rhodium	platinum
S	-50 to 1768	*platinum*-10% rhodium	platinum
T	-270 to 400	copper	*copper*-nickel alloy







ข้อควรระวังในการใช้งาน

1.หลีกเลี่ยงไม่ให้ลวดเทอร์โมคัปเปิลหักงอผ่านซีลประตู

2.โปรดระมัดระวังว่าประเภทเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้ ถูกต้องตรงกับประเภทเซ็นเซอร์ในเครื่อง (ดูรหัสสี/คู่มือ)

3. ลวดเทอร์โมคัปเปิล เมื่อใช้งานควรไม่มีจุดต่อในบริเวณที่อุณหภูมิแตกต่าง สายไฟต่อและขั้วต่อใช้ได้ที่อุณหภูมิห้อง

4. เทอร์โมคัปเปิลแบบเปลือยจะมีการตอบสนองเวลาที่รวดเร็วกว่าอุณหภูมิจริงของสินค้า

5. ใช้งานในกรณี Low accuracy, Uniformity test หลีกเลี่ยงการใช้ค่าที่อ่านได้ที่อุณหภูมิตู้เย็น /ช่องแช่แข็ง เว้นแต่จะมีการสอบเทียบ

ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการใช้งาน

- เลือกโพรบ ไม่ตรงฟังก์ชันของตัวอ่าน
- เลือก TC Type ผิด
- แบตเตอรี่อ่อน
- วงจร Cold Junction compensation ไม่สมบูรณ์
- เทอร์โมมิเตอร์เกิดการเลื่อนค่า
- ความไวในการตอบสนองอุณหภูมิ (Time Response)
- ระยะจุ่มไม่เพียงพอ Immersion error

การสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์

การสอบเทียบและการทดสอบ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

ความหมายในทางปฏิบัติ

การสอบเทียบ (Calibration) : การหาความเบี่ยงเบนของค่าชี้บอกของเครื่องมือวัดจากค่ามาตรฐาน (หาความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด) ที่มาพร้อมกับความไม่แน่นอน **ใช้สำหรับเครื่องมือวัด ในองค์กร หรืออุตสาหกรรม ที่มีระบบคุณภาพต่างๆ ยืนยันว่าเครื่องมือยังสามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง /เที่ยงตรง**

การทดสอบ(Testing) : การหาความเบี่ยงเบนของค่าชี้บอกของเครื่องมือวัดจากค่ามาตรฐาน (หาความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด) **ใช้สำหรับเทียบค่าว่าเป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ (ผ่าน/ไม่ผ่าน) ใช้ในการตรวจรับว่าเครื่องมือเป็นไปตามข้อกำหนด (Specification), การตรวจรับในการจัดซื้อ**

Version ล่าสุด
ประกาศใช้ 29 พฤศจิกายน 2560

ทำไมต้องทำการสอบเทียบ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

National Institute of Metrology (Thailand)

NIMT

Certificate of Calibration

CIPM MRA

Certificate No. : TT-20-0067

Issued by : Temperature Laboratory
Thermometry and Optical Metrology Department

Page 1 of 3 Pages

MEASUREMENT ITEM : Digital Thermometer with Probe (Precision Thermometer)

MANUFACTURER : Digitron

MODEL/TYPE : Digitron T600

SERIAL NUMBER : Q0234D

CUSTOMER : Organic Analysis Group
3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang,
Pathumthani 12120

MEASUREMENT DATE : 8 August 2020

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k=2, providing a level of confidence of approximately 95%. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the Director of National Institute of Metrology (Thailand).

Reference	Date	Authorized Signatory	Person in charge
I-TMC2208-01/20	13 August 2020	(Charuayrat Yaokulbodee)	(Oijai Ongrai)

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA,

รูปแบบการสอบเทียบ Digital thermometers

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

1. สอบเทียบแบบรวม **

แบบรวมพร้อมกันทั้ง Unit
(Temperature Laboratory)

Digital Thermometer with Probe
ต้องใช้งาน Probe+ตัวอ่านร่วมกันเสมอ

2. สอบเทียบแบบแยกส่วน

สอบเทียบแบบแยกส่วน

- Probe → Temperature Laboratory
- ** **ตัวอ่าน** →

Electrical Laboratory

สามารถใช้ร่วมกันได้หลาย probe

การสอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบ่งเป็น 2 แบบคือ

1 . การสอบเทียบรวมกันทั้งหัววัดอุณหภูมิและภาคแสดงผล

Temperature Laboratory

– **Standard Thermometer VS Unit Under Calibration**

Measurement Results :

The measurement results of the Digital Thermometer with thermocouple probe are reported in the table below:

UUC Reading (°C)	Standard Reading (°C)	Correction (°C)	Uncertainty (K)
199.2	200.0	0.8	0.4
398.9	400.0	1.1	0.4
598.6	600.0	1.4	0.4
801.5	801.0	-0.5	1.0
1001.1	1000.8	-0.3	1.0
1200.1	1200.0	0.1	1.2

EXAMPLE

Note: UUC is unit under calibration.

End of Certificate

Digital Thermometer with Probe

<u>ต้องใช้งาน Probe+ตัวอ่านร่วมกันเสมอ</u>

การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

2. สอบเทียบแบบแยกส่วน

→ **Temperature Laboratory**

– $Temperature \propto output\ of\ sensor\ (Volt, \Omega)$

MEASUREMENT RESULTS:

The measurement results of the thermocouple type S are reported in the table below:

Temperature (°C)	Thermocouple output (μV)	$E-E_{ref}$ (μV)	$E-E_{ref}$* (K)	Uncertainty (K)
200.07	1 439.7	-1.7	-0.2	0.4
399.96	3 257.5	-1.5	-0.2	0.4
600.03	5 239.4	0.5	0.1	0.5
799.17	7 343.0	7.0	0.6	1.0
999.35	9 587.6	7.9	0.7	1.0
1 098.38	10 745.7	7.9	0.7	1.0
1 299.78**	13 155.4	-0.9	-0.1	1.2

→ **Electrical Laboratory**

– $Temperature\ simulation\ (Volt, \Omega)$

CALIBRATION RESULTS:

Simulated Input	UUC Reading	Correction	Uncertainty
°C	°C	°C	°C
-10.000	-10.070	0.070	± 0.28
0.000	-0.035	0.035	± 0.28
10.000	9.924	0.076	± 0.28
50.000	49.921	0.079	± 0.28
100.000	99.916	0.084	± 0.28
200.000	199.915	0.085	± 0.42
300.000	299.913	0.087	± 0.42
400.000	399.910	0.090	± 0.42

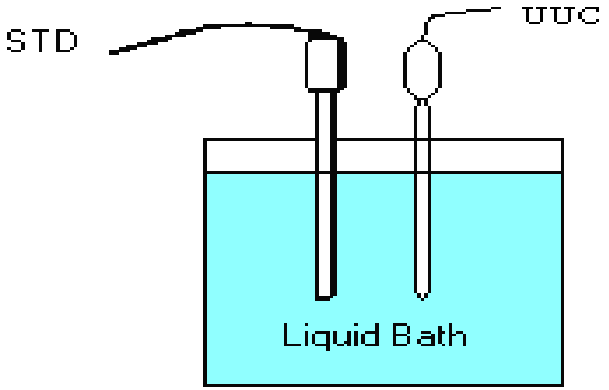
สามารถใช้ Indicator ร่วมกันได้หลาย probe

การสอบเทียบ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

องค์ประกอบในการสอบเทียบทางอุณหภูมิ

- Unit Under Calibration
- Standard
- Temperature Source

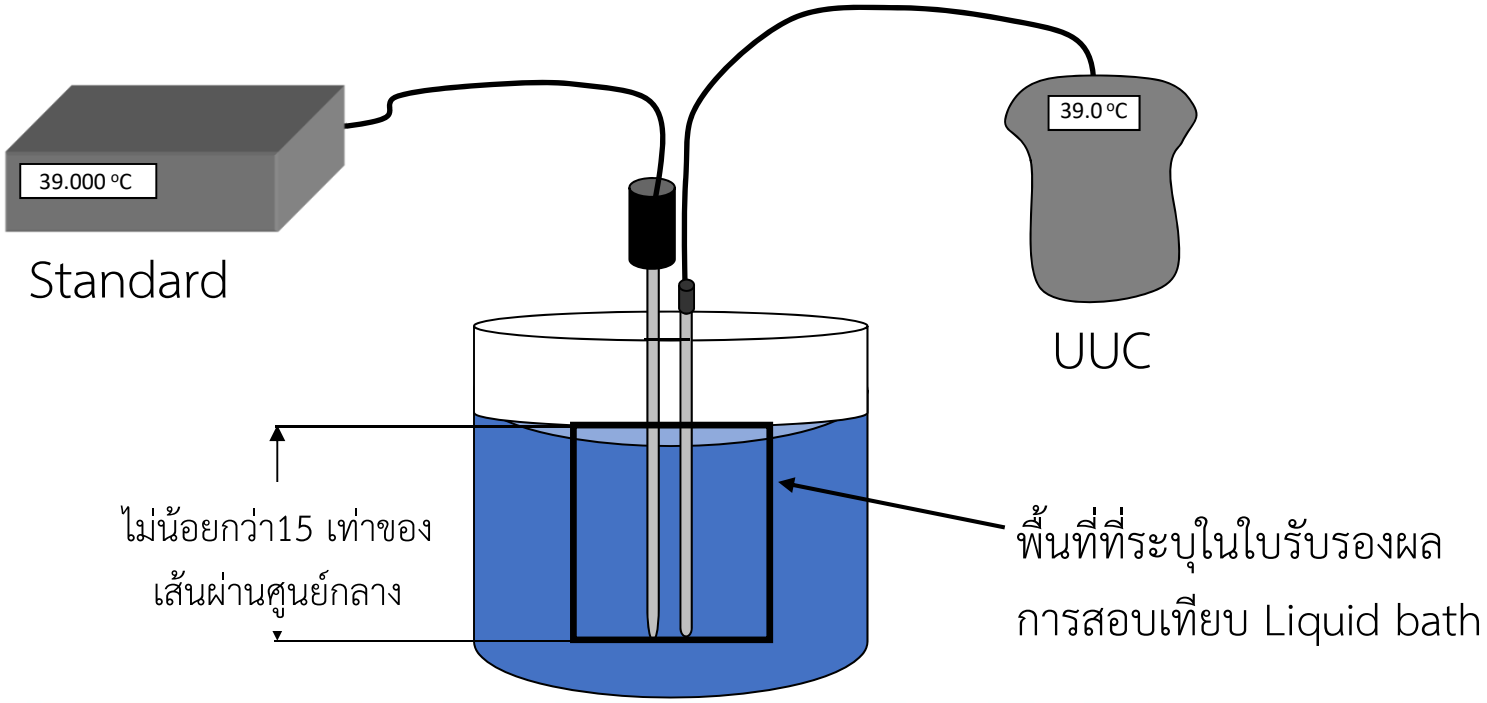


ผลการสอบเทียบ

ค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบ

ขั้นตอนการสอบเทียบ

การติดตั้ง UUC และ Standard ใน Liquid bath



Standard Thermometer

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- ทำหน้าที่เป็นค่าอ้างอิงมาตรฐานสำหรับถ่ายทอดค่าให้กับเครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ >> สอบย้อนกลับได้สู่มาตรฐานแห่งชาติ
- ความถูกต้องแม่นยำ ดีกว่าเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ

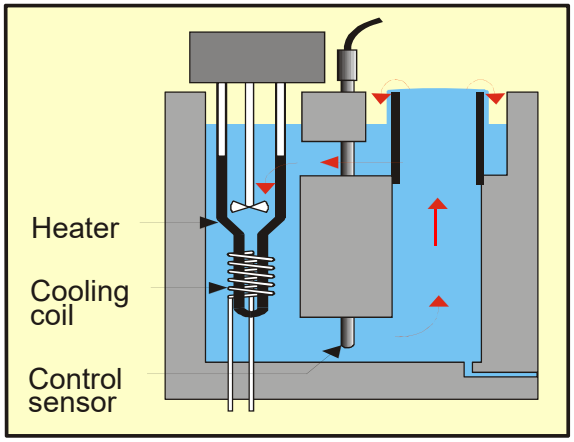
Master thermometer

Standard Probe +

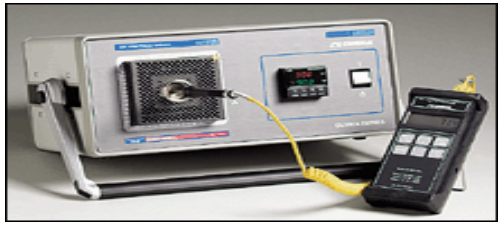
Standard Indicator

Temperature Sources

- ทำหน้าที่ในการสร้างอุณหภูมิ ณ จุดอุณหภูมิสอบเทียบที่ต้องการ



Liquid Calibration Bath



Dry Well

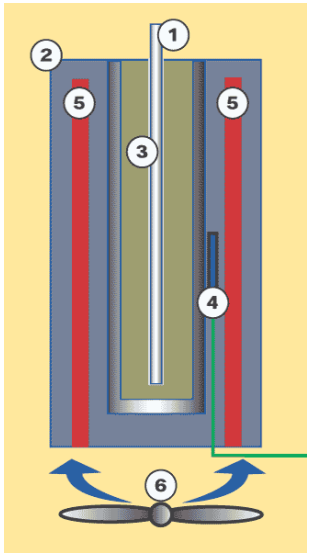
Furnace

Temperature Chamber

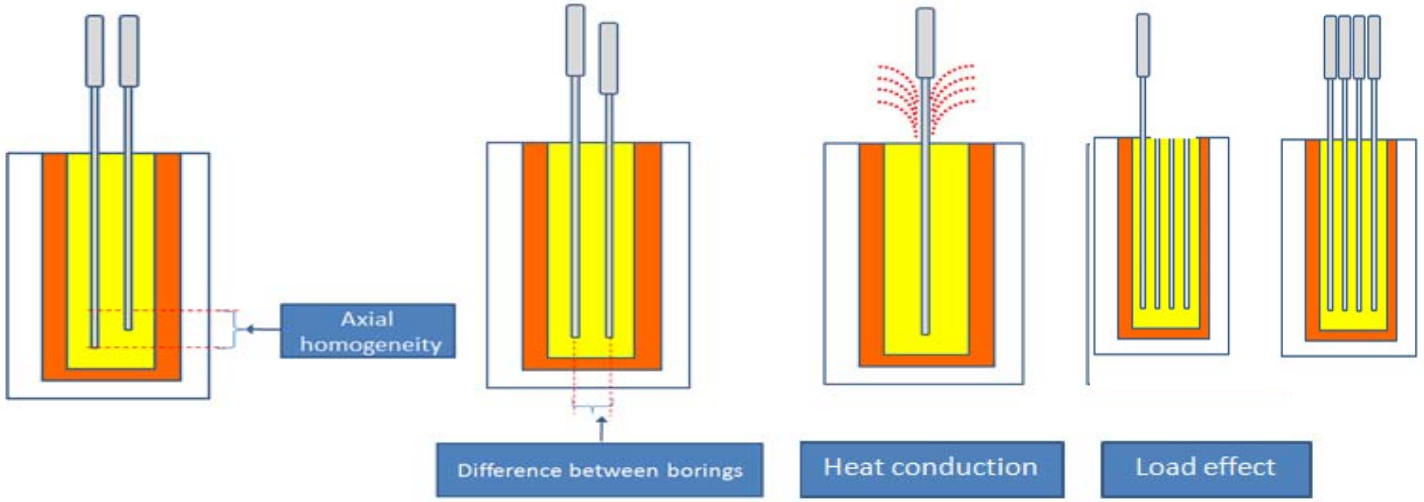
แหล่งกำเนิดอุณหภูมิแบบแห้ง Dry Block

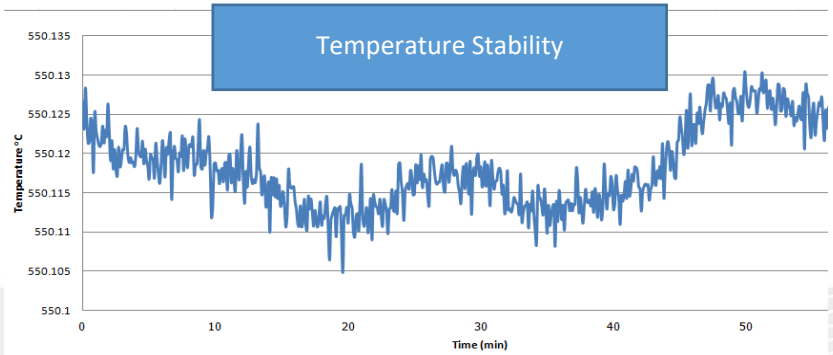
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)

- ทำอุณหภูมิได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ -40 ถึง 600°C ขึ้นกับวัสดุ และชนิดของ Heater / cooler
- โดยไม่จำเป็นต้องสลับเปลี่ยนตัวกลาง
- เหมาะสมสำหรับงาน on-side calibration
- Stability และ Uniformity อยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 1°C
- บางกรณี ถูกใช้งานเป็นทั้ง Standard thermometer และ Temperature source



คุณลักษณะของแหล่งกำเนิดอุณหภูมิที่ต้องพิจารณา





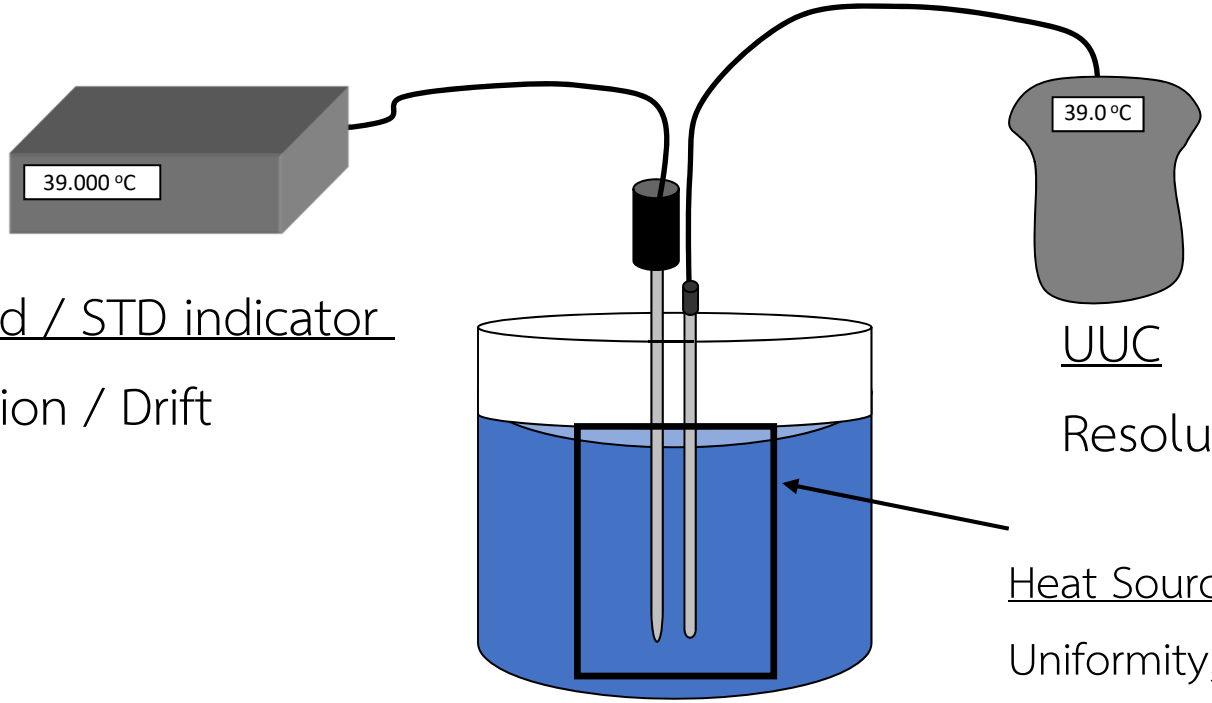
More information:

EURAMET Calibration Guide No. 13

Version 4.0 (02/2017)

ค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบทางอุณหภูมิ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



Standard / STD indicator

Calibration / Drift

UUC

Resolution / Hysteresis

Heat Sources

Uniformity, Stability

ตัวอย่าง ใบรับรองผลการสอบเทียบ (1/3)

- หมายเลขของใบรายงานผล
- หมายเลขของเทอร์โมมิเตอร์
- รายละเอียดเครื่องมือ
- วันที่สอบเทียบเครื่องมือ
- ชื่อและที่อยู่ของลูกค้า

National Institute of Metrology (Thailand)

NIMT

Certificate of Calibration

CIPM MRA

Certificate No. : TT-20-0067

Issued by : Temperature Laboratory
Thermometry and Optical Metrology Department

MEASUREMENT ITEM : Digital Thermometer with Probe
(Precision Thermometer)

MANUFACTURER : Digitron

MODEL/TYPE : Digitron T600

SERIAL NUMBER : Q0234D

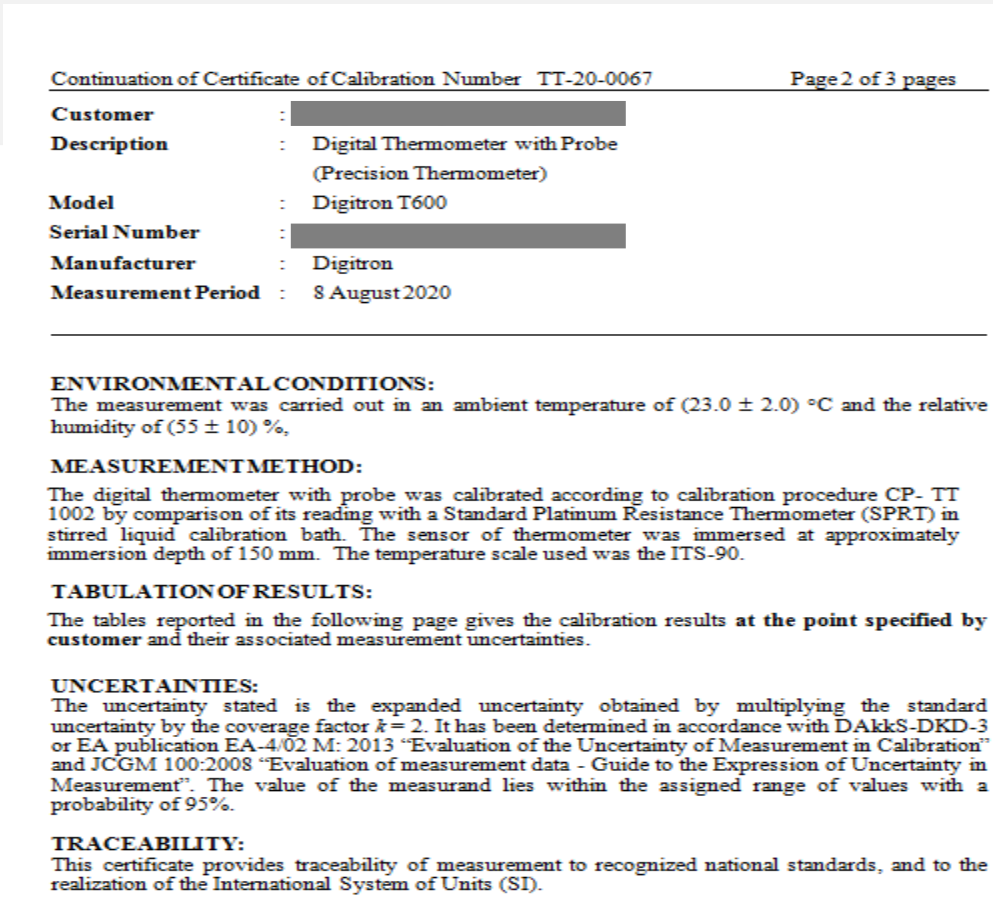
CUSTOMER : [redacted]
Pathumthani 12120

MEASUREMENT DATE : 8 August 2020

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k=2, providing a level of confidence of approximately 95%. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the Director of National Institute of Metrology (Thailand).

Reference	Date	Authorized Signatory	Person in charge
I-TMC2208-01/20	13 August 2020	(Charuayrat Yaokulbodee)	(Oijai Ongrai)

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA,



Continuation of Certificate of Calibration Number TT-20-0067 Page 2 of 3 pages

Customer : [redacted]
Description : Digital Thermometer with Probe (Precision Thermometer)
Model : Digitron T600
Serial Number : [redacted]
Manufacturer : Digitron
Measurement Period : 8 August 2020

ENVIRONMENTAL CONDITIONS:
The measurement was carried out in an ambient temperature of (23.0 ± 2.0) °C and the relative humidity of (55 ± 10) %,

MEASUREMENT METHOD:
The digital thermometer with probe was calibrated according to calibration procedure CP- TT 1002 by comparison of its reading with a Standard Platinum Resistance Thermometer (SPRT) in stirred liquid calibration bath. The sensor of thermometer was immersed at approximately immersion depth of 150 mm. The temperature scale used was the ITS-90.

TABULATION OF RESULTS:
The tables reported in the following page gives the calibration results **at the point specified by customer** and their associated measurement uncertainties.

UNCERTAINTIES:
The uncertainty stated is the expanded uncertainty obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor $k = 2$. It has been determined in accordance with DAkkS-DKD-3 or EA publication EA-4/02 M: 2013 "Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration" and JCGM 100:2008 "Evaluation of measurement data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement". The value of the measurand lies within the assigned range of values with a probability of 95%.

TRACEABILITY:
This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

ตัวอย่างใบรับรองผลการสอบเทียบ Digital Thermometer (2/3)

- สภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบ
- ระบุวิธีที่ใช้สอบเทียบ มาตรฐานที่ใช้
- ระยะจุ่มของหัววัดเทอร์โมมิเตอร์ที่สอบเทียบ
- การสอบย้อนกลับได้ของผลการสอบเทียบ
- การแสดงผลและค่าความไม่แน่นอน

Continuation of Certificate of Calibration Number TT-20-0067 Page 3 of 3 pages

MEASUREMENT RESULTS:

The measurement results of the digital thermometer with probe were reported in the tables below:

UUC Reading (°C)	Standard Reading (°C)	Correction (°C)	Uncertainty (K)
17.61	18.00	0.39	0.02
19.60	20.00	0.40	0.02
21.59	21.99	0.40	0.02

Note: UUC is Unit under calibration.

End of Certificate

- ตารางหรือผลสอบเทียบ (ค่ามาตรฐาน: STD, ค่าบ่งชี้: UUC)
- ข้อชี้บ่งหน้าและการสิ้นสุดของใบรับรองผลการสอบเทียบ
- Uncertainty ของผลการสอบเทียบ และระดับความเชื่อมั่น เช่น 95% (k=2)
- ค่าแก้

  (Correction = STD-UUC) หรือ
- ค่าความคลาดเคลื่อน

  (Error = UUC - STD)

<u>เวลานำไปใช้งาน</u>

ค่าจริง/ผลการวัด= ค่าที่วัดได้ + Correction

ค่าจริง/ผลการวัด = ค่าที่วัดได้ - Error

การใช้งาน

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

Calibration Results

STD (°C)	UUC (°C)	Correction (°C)	Uncertainty (±°C) (*k*=2)
-18.000	-17	-1	0.5

รายงานผลเป็นค่าแก้ (Correction) = STD - UUC

เวลานำไปใช้งาน

ค่าจริง/ผลการวัด = ค่าที่วัดได้ + Correction

เมื่อนำไปใช้งานจริง เครื่องมืออ่านค่าได้ -17 °C หมายถึง

ค่าอุณหภูมิจริง = (ค่าที่วัดได้ + correction) ± ค่าความไม่แน่นอน

= - 17 + (– 1)

= (-18 ± 0.5) °C

= (-18.5 to -17.5) °C

W-TC5
Digital Temperature
Code : 2005

Calibration Results

STD (°C)	UUC (°C)	Error (°C)	Uncertainty (±°C) (*k*=2)
-18.000	-17	1	0.5

รายงานผลเป็นค่าความคลาดเคลื่อน (Error) = UUC - STD

เวลานำไปใช้งาน

ค่าจริง/ผลการวัด = ค่าที่วัดได้ - Error

เมื่อนำไปใช้งานจริง เครื่องมืออ่านค่าได้ -17 °C หมายถึง

ค่าอุณหภูมิจริง = (ค่าที่วัดได้ – error) ± ค่าความไม่แน่นอน

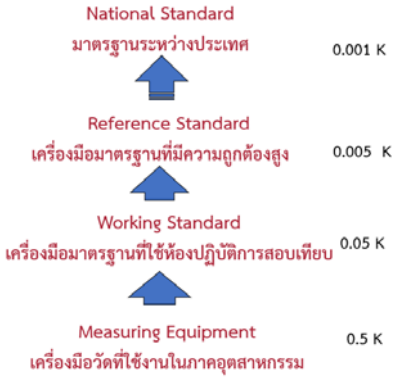
= - 17 - 1

= (-18 ± 0.5) °C

= (-18.5 to -17.5) °C

หลักสำคัญของ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



National Institute of Metrology (Thailand)

Certificate of Calibration

CIPM MRA

Certificate No. : TT-20-0067
Issued by : Temperature Laboratory
Thermometry and Optical Metrology Department

Page 1 of 3 Pages

MEASUREMENT ITEM : Digital Thermometer with Probe (Precision Thermometer)
MANUFACTURER : Digitron
MODEL/TYPE : Digitron T600
SERIAL NUMBER : Q0234D
CUSTOMER : [redacted]
Pathumthani 12120
MEASUREMENT DATE : 8 August 2020

Reference | Date | Authorized Signatory | Person in charge
1-TMC2208-01/20 | 13 August 2020

- **สอบเทียบอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่** จากผู้ใช้งานเครื่องมือวัดกลับไปมาตรฐานที่ผู้เกี่ยวข้องยอมรับ
- **อ้างถึงหน่วยวัด** SI ในห่วงโซ่ความสามารถสอบกลับได้ของการสอบเทียบ
- **มีความไม่แน่นอนของการวัด**
- **จัดทำเป็นเอกสาร** การสอบเทียบจะต้องทำตามวิธีดำเนินการที่เป็นเอกสาร รวมถึงผลการสอบเทียบก็ต้องทำเป็นเอกสารเช่นกันและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป
- ห้องปฏิบัติการ/องค์กรสอบเทียบต้อง **ความสามารถทางเทคนิค** (เช่น การได้รับการรับรองความสามารถตาม ISO/IEC 17025)
- **ช่วงระยะเวลาระหว่างการสอบเทียบ** การสอบเทียบจะต้องกระทำซ้ำตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ขึ้นกับ ระดับความไม่แน่นอนที่ต้องการ ความถี่ของการใช้งาน การนำไปใช้ ความเสถียรของเครื่องมือ.

ตัวอย่างที่ 1

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

Fluke 1551a Stik Thermometer

ข้อมูลจำเพาะ: Fluke 1551a Stik Thermometer & Temperature Calibrator

ข้อมูลจำเพาะ	1551A Ex	1552A Ex
ช่วงอุณหภูมิ	-50 °C ถึง 160 °C (-58 °F ถึง 320 °F)	-80 °C ถึง 300 °C (-112 °F ถึง 572 °F)
ความแม่นยำ (1 ปี)	± 0.05 °C (± 0.09 °F)	
หน่วยที่แสดงผล	°C, °F	
ประเภทเซนเซอร์	RTD แบบฟิล์มบาง 100 Ω	PRT แบบลวดพัน 100 Ω
ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของขาวัด	ค่ากลาง 0.00385 Ω/Ω/°C	
ความยาวของเซนเซอร์	≤ 10 มม.	≤ 30 มม.
ตำแหน่งของเซนเซอร์ (จากส่วนหัวของปลอก)	3 มม. (0.1 นิ้ว)	
ความลึกของการจุ่มขั้นต่ำ	7 ซม. (2.8 นิ้ว)	12 ซม. (4.8 นิ้ว)
วัสดุครอบขาวัดคร	โลหะสเตนเลส	
เวลาตอบสนอง	ขาวัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 มม. (3/16 นิ้ว): 14 วินาที ขาวัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 มม. (1/4 นิ้ว): 21 วินาที	

ตัวอย่างที่ 1

NVLAP CALIBRATION NVLAP LAB CODE 200346-0

Certificate Of Calibration
Fluke Calibration, American Fork
Temperature Laboratory

Certificate Number:	C0619041		
Status:	As-Left: Pass	**Date of Calibration:**	12 Jun 2020
		Date Due:	
Model:	1551A	**Temperature:**	21 to 25 °C
Serial Number:	4997004	**Relative Humidity:**	20 to 55 %rh
Description:	Digital Thermometer with Probe	**Pressure:**	83.5 to 88.5 kPa
Procedure:	AFC1024 Rev 001	**Issue Date:**	19 Jun 2020
Calibration Model:	1551A		
Customer:	FLUKE SOUTH EAST ASIA PTE LTD		
Location:	SINGAPORE, SG		
PO Number:	2681867-FCO-0/TH/MEASURE		
RMA/SO Number:	9551371		

This calibration is traceable to the International System of Units (SI) through recognized national metrology institutes (NIST, NRC, PTB, NPL, etc.), ratiometric techniques, or natural physical constants and is in compliance with ISO17025:2017. Calibration certificates without identification of the authorizing person are not valid. This certificate applies to only the item identified and shall not be reproduced except in full, without the specific written approval by Fluke Corporation. This certificate shall not be used to claim product certification, approval, or endorsement by NVLAP, NIST, or any agency of the U.S. Government.

This certificate of calibration may contain data that is not covered by the Scope of Accreditation. The unaccredited measurement points are indicated by the # symbol or confined to clearly marked sections.

Measurement uncertainties at the time of calibration are given where applicable. They are calculated in accordance with the method described in the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k such that the coverage probability corresponds to approximately 95 %.

Calibration status should be interpreted as follows:
As-Found: Data collected before the unit was adjusted and / or repaired.
Found-Left: Data collected without any adjustment and / or repair performed.
As-Left: Data collected after the unit has been adjusted and/or repaired.

Comments:

Authorized By
Matt Newman
Senior Calibration Tech

Fluke Corporation	Telephone	Internet
799 E Utah Valley Drive American Fork, UT 84003 USA	877.355.3225	www.flukecal.com

Calibration Data

Description	Reference Value	Measurement Result	Measurement Error	Expanded Uncertainty	Maximum Permissible Error	Status
As Left Data						
Adjustment Parameters						
R0: 99.929831						
A: 3.921311E-03						
B: -6.454208E-07						
C: -5.776125E-12						
MINOP: -60						
MAXOP: 170						
DEVICE CAL 1: 50.0080:0.1000						
DEVICE CAL 2: 100.0020:0.1013						
DEVICE CAL 3: 150.0070:0.1044						
DEVICE CAL 4: 200.0000:0.1120						
USER CAL 1: -50.0000:0.0000						
USER CAL 2: 0.0000:0.0000						
USER CAL 3: 157.0000:0.0000						
Test ID: C0163115603205						
Temperature (°C)						
-50 °C	-49.9857	-49.9844	0.001	0.012	0.050	P
-25 °C	-24.9368	-24.9438	-0.007	0.012	0.050	P
0 °C	0.0104	0.0211	0.011	0.012	0.050	P
100 °C	99.9979	99.9964	-0.002	0.012	0.050	P
157 °C	156.9001	156.9022	0.002	0.012	0.050	P

Fluke 1551a Stik Thermometer

ตัวอย่างที่ 2

Calibration Laboratory

Calibration Report

Cert No.: T-1806185

Equipment: Temperature Recorder
Model: TRID30-7R
Serial No.: 1050021990
ID No.: -
Manufacturer: LogTag
Customer:
Address:

Ambient Temperature: 23 °c ± 3 °c
Relative Humidity: 55 % RH ± 15 % RH

Calibrated by: _____
Engineer

Approved By: _____
( )
Approved Signatory

Received Date: 25-Jun-18
Calibration Date: 25-Jun-18
Date of Issue: 26-Jun-18

Calibration Laboratory

Job No.: 1815-184738
Calibration Procedure: WI-DC01

Calibration Method:

This instrument was calibrated by comparison with standard thermometer in liquid bath at temperature calibration point

Condition of this result of calibration:

1. Reference Standard Instruments Used:

Instrument	Model	Serial No.	Cal. Report No.	Due date	Ref.STD Lab.	Traceability
Platinum Resistance Thermometer	5627	717101	181363	28-Mar-19	TPA	NIMT
Thermometer, Chub-E4	1529	A12037	ER-00181-17	0-Oct-18	NIMT	NIMT

2. This result of calibration was found accurate as shown on date and place of calibration only.
3. This result of calibration was found accurate for this equipment only.
4. This calibration report document the traceability to nation standards, with realize units of measurement according to the international System of Units (SI).

Result of Calibration: Without adjustment

STD Value	UUC Reading	Error	Uncertainty (±)
(°c)	(°c)	(°c)	(°c)
2.00	1.9	-0.10	0.15
8.00	7.9	-0.10	0.15
15.00	14.8	-0.20	0.15
20.00	19.8	-0.20	0.15
25.00	24.8	-0.20	0.15

UUC = Unit Under Calibration

The reported expanded uncertainty is based on a uncertainty multiple by a coverage factor k = 2, providing a level of confidence of approximately 95%

End of Calibration Report

ข้อมูลจำเพาะ:	TRID30-7R: (แบตเตอรี่แบบเปลี่ยนได้)
ช่วงวัด	-30 ° C ~ + 60 ° C (-22 ° F ~ + 140 ° F)
ความละเอียด	0.1 ° C (0.2 ° F) สำหรับการวัด -30 ° C ~ + 40 ° C (-22 ° F ~ + 104 ° F) 0.2 ° C (0.4 ° F) สำหรับการวัดด้านบน + 40 ° C (+ 104 ° F)
ความถูกต้อง	ดีกว่า± 0.5 ° C (± 0.9 ° F) สำหรับการวัดจาก -20 ° C ~ + 40 ° C (-4 ° F ~ + 104 ° F) โดยทั่วไป± 0.3 ° C (0.6 ° F) ดีกว่า± 0.8 ° C (± 1.5 ° F) สำหรับการวัดอื่น - โดยทั่วไปคือ± 0.5 ° C (0.9 ° F)
เวลาปฏิกิริยาของเซ็นเซอร์	โดยทั่วไปแล้วจะน้อยกว่า 5 นาที (T90) ในอากาศเคลื่อนที่ (1m / s)
ความจุ	หน่วยความจำบันทึกข้อมูล: บันทึก 7770 (การบันทึก 53 วัน @ 10min, การบันทึก 80 วัน @ 15min) หน่วยความจำสถิติสรุปรายวัน (สำหรับแสดงบน LCD): สูงสุดสำหรับ 30 วันของค่า Max / Min และค่าระยะเวลา
ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง	ปรับได้, 30 วินาทีถึงหลายชั่วโมง

ตัวอย่าง 3

ISO/IEC 17025

Certificate of Calibration

Certificate No. : MT20-5069
Page : 1 of 2

Customer : Mon Logistics Complex Co.,Ltd.

รุ่น	TP17450	TP17650M	TP17165S	TP17200S	TP 3M 165E
การใช้งาน	เหมาะกับงานที่ต้องการทำอุณหภูมิด้านสูง		เหมาะกับงานที่ต้องการทำอุณหภูมิทั้งด้านต่ำและด้านสูง		
ช่วงการทำอุณหภูมิ	RT...450°C	RT...650°C	-35°C ~+165°C	-55°C~+200°C	-35°C ~+165°C
ค่า Tolerance	± 0.6°C	± 1°C	± 0.2°C		<± 0.2°C
ค่า Stability	± 0.1°C		± 0.05°C		± 0.01°C (DB,LI,IR) / ± 0.1°C (SU)
ขนาดของ Block	ø 60 มม. / ลึก 150 มม.	ø 28 มม. / ลึก 150 มม.			ø 60 มม. / ลึก 170 มม.

Certificate No. : MT20-5069
Page : 2 of 2

Function : Temperature measurement
Calibration point : -35, -25, -15, -5, 5, 15 °C
Immersion depth : 140 mm
Result : Without adjustment
Resolution : 0.1 °C

Mode: Dry Block

Calibration point (°C)	UUC* setting (°C)	UUC* reading (°C)	Standard reading (°C)	UUC* correction (°C)	Uncertainty of measurement (+/- °C)
-35	-35.0	-35.0	-34.978	0.022	0.14
-25	-25.0	-25.0	-24.989	0.011	0.14
-15	-15.0	-15.0	-14.980	0.020	0.14
-5	-5.0	-5.0	-4.984	0.016	0.14
5	5.0	5.0	5.023	0.023	0.14
15	15.0	15.0	15.018	0.018	0.14
-35	-35.0	-35.0	-34.981	0.019	0.14

: Evaluation temperature measurement (Stability & Radial & Axial)

Temperature range (°C)	Stability Homogeneity (+/- °C)	Radial Homogeniety (°C)	Axial Homogeneity (°C)
-35 to 15	0.012	0.021	0.029

Calibrated by : Miss Jarunee Tubsav

Approved by :

ความถี่ของการสอบเทียบเครื่องมือวัด

- เครื่องมือที่ใหม่แนะนำให้ทำการสอบเทียบก่อนนำมาใช้งาน
- ขึ้นกับชนิด และลักษณะการใช้งานของเครื่องมือ
- ข้อแนะนำเบื้องต้น สอบเทียบทุก 1 ปี
- หากมีประวัติที่เพียงพอ เช่น ตลอด 3 ปี อยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สามารถนำข้อมูล ขยายระยะรอบเวลาการสอบเทียบได้
- มีการทวนสอบ เฝ้าระวัง ระหว่างรอบการสอบเทียบว่าเครื่องมือยังน่าเชื่อถือ ถูกต้องอยู่เสมอ

แนวทางแนะนำสำหรับการทวนสอบเทอร์โมมิเตอร์ระหว่างการใช้งานอย่างง่าย

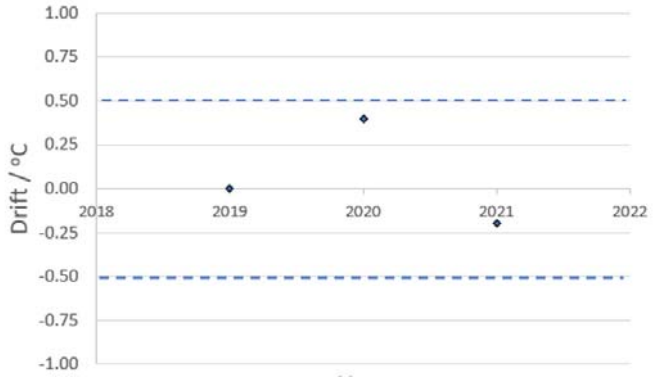
1. ทำการตรวจสอบค่ากับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ผ่านการสอบเทียบมาแล้ว ณ อุณหภูมิห้อง/ แหล่งกำเนิดอุณหภูมิ
2. ทำการตรวจสอบเครื่องมือกับ Ice Point (0 °C)
3. ทำการทวนสอบจากประวัติการสอบเทียบ

ทวนสอบจากประวัติผลการสอบเทียบ

- เทอร์โมมิเตอร์ต้องผ่านการสอบเทียบในรอบเวลา โดยควรมีประวัติสะสม ไม่น้อยกว่า 3 รอบการสอบเทียบ
- เปรียบเทียบค่าการสอบเทียบปัจจุบัน กับ ค่าฐานตั้งต้น เช่น ก่อนหน้า 1 ปี (control chart)
- เพื่อความแม่นยำยิ่งขึ้น นำประวัติการสอบเทียบมาพิจารณาร่วมกับผลการทวนสอบ
- สามารถทำข้อมูลผลทางสถิติ ทำนายกลุ่มของเทอร์โมมิเตอร์รูปแบบเดียวกันหลายๆตัว

Summary Drift

ปี	Error (°C)	Drift (°C)
2019	0.3	0.0
2020	0.7	0.4
2021	0.5	-0.2



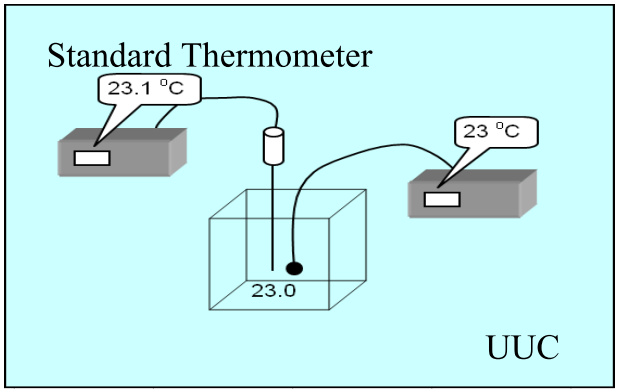
ความสำคัญของการทวนสอบเครื่องมือ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

- เพื่อมั่นใจได้ว่าเครื่องมือมีการยืนยันผลการวัด เชื่อถือได้ตามหลักมาตรวิทยา และมาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ
- เซ็นเซอร์และเครื่องมือระดับรอง ที่ไม่แม่นยำในกระบวนการผลิต สามารถส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์
- การทวนสอบเครื่องมือระหว่างใช้งาน ช่วยป้องกันการสูญเสียและการเรียกคืนของสินค้า ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการผลิต หรือระหว่างรอรอบการส่งเครื่องมือสอบเทียบ

1. ตรวจสอบกับเครื่องมือมาตรฐาน (Master Thermometer)

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT



- จุ่มหัววัดอุณหภูมิ UUC และ STD ลงใน แหล่งควบคุมอุณหภูมิ (Bath / Blocks) ในระยะจุ่มที่เหมาะสม (15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง)
- จุดตรวจสอบควรสอดคล้องกับจุดสอบเทียบในใบรับรองผลการการสอบเทียบ

- การตรวจสอบที่อุณหภูมิห้อง ให้ตั้งบีคเกอร์ใส่น้ำไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนทำการวัด
- จุ่มหัววัดอุณหภูมิ UUC และ STD ในระยะจุ่มที่เหมาะสม

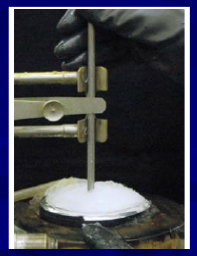
เครื่องมือมาตรฐานที่นำมาใช้ ต้องผ่านการสอบเทียบด้วยค่าความไม่แน่นอนที่เหมาะสม อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

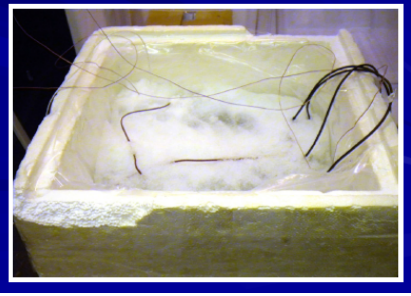
2. ตรวจสอบกับ ICE POINT

Validation at 0 °C Using an Ice Melting Point Check

Ice Melting Point Temperature Readings (°C)

Sensor Name	12/8/09	3/7/2011	3/15/2011
TC1	0.0	0.0	0.0
TC2	-	0.0	0.0
TC20	-	0.0	0.0
LA	-0.1	-0.1	-0.1
LB	-	0.0	0.0
LC	0.5	0.5	0.5
LD internal	-	-	-0.2
LD probe	-0.2	-	-0.2
LE1 probe	-0.1	-0.1	-0.1
LE2 probe	-0.1	-0.1	-0.1
LF probe	-	0.0	0.0
LG internal	-	-0.1	-0.1
LG probe	-	0.4	0.4





Cold Chain Management:
Temperature Monitoring Solutions

Michal Chojnacky
National Institute of Standards and Technology
Temperature, Pressure, and Flow Metrology Division
Gaithersburg, MD

michalc@nist.gov

Project funded by the Centers for Disease Control and Prevention
CDC Contact: John Stevenson, Public Health Advisor

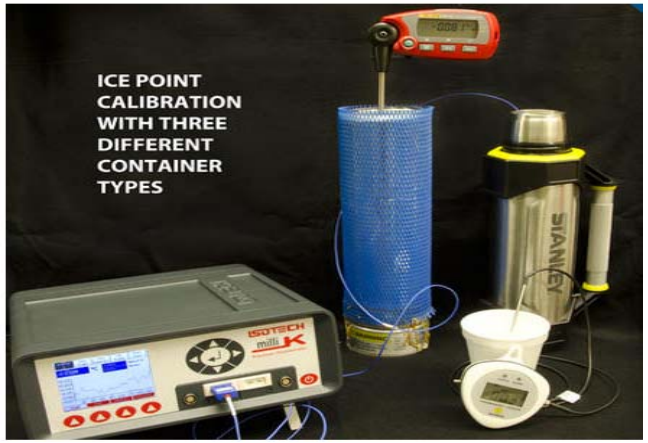
NIST National Institute of Standards and Technology

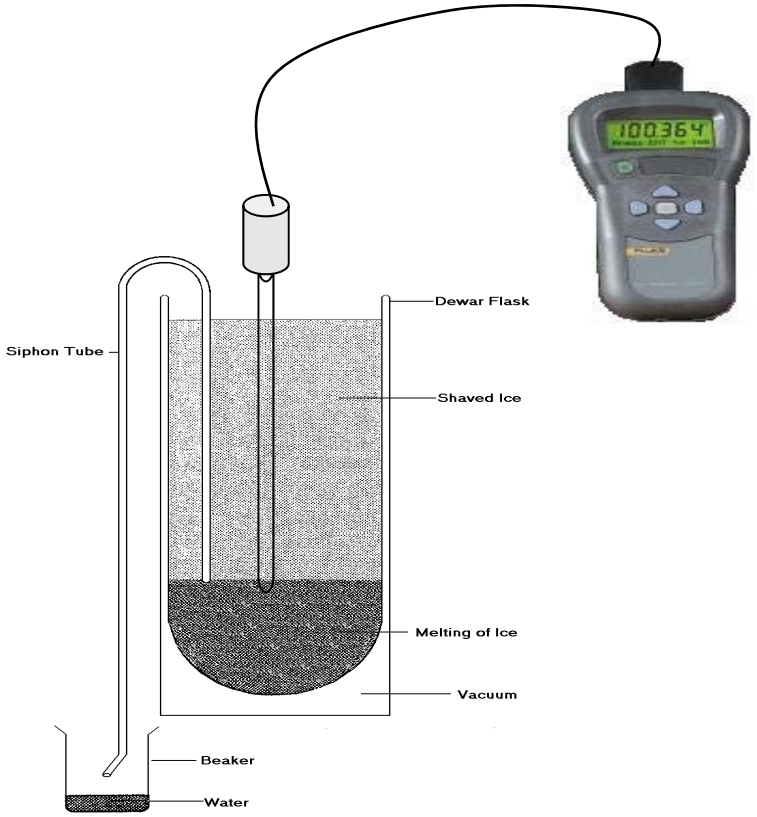
ที่มา: *Cold chain Management: Temperature Monitoring solution* from www.nist.gov

- น้ำแข็ง และอุปกรณ์ เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย (น้ำกลั่น น้ำสะอาด ถาดน้ำแข็งขนาดเล็ก ภาชนะ)
- ความไม่แน่นอน ice point = ± 0.01 °C ต้องฝึกเตรียมอย่างถูกวิธี / มีวีดีโอสาธิต
- เครื่องบันทึกข้อมูลที่ไม่กันน้ำ อาจถูกปิดผนึกในถุงพลาสติกก่อนนำไปวางใน จุดน้ำแข็ง
- เผื่อเวลาไว้สำหรับการปรับอุณหภูมิให้สมดุล
- หากอุณหภูมิจุดน้ำแข็งที่บันทึกไว้แตกต่างจาก 0 °C มากกว่าความแม่นยำที่ผู้ผลิตระบุไว้ อุปกรณ์ควรได้รับการสอบเทียบใหม่ หรือเปลี่ยน

2. ตรวจสอบกับ ICE POINT (ต่อ)

- ควรจุ่มหัววัดอุณหภูมิลงใน Ice Point ตามที่ระบุในใบรับรองผลการสอบเทียบ หรือไม่น้อยกว่า 15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัววัดอุณหภูมิ
- วิธีนี้อาจจะไม่เหมาะสม ถ้าไม่ได้สอบเทียบที่ 0 °C





สรุป

- มาตรวิทยาอุณหภูมิ
- หลักการและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
- การสอบเทียบเบื้องต้น
- การพิจารณาใบรายงานผลการสอบเทียบดิจิทัลเทอร์โมมิเตอร์ และแหล่งกำเนิดอุณหภูมิแบบแห้ง
- แนวทางการทวนสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิอย่างง่าย

Q&A

NIMT Thermometry Department

เอกสารอ้างอิง

- D.R. White and J.V. Nicholas, ***Traceable temperatures*** : An Introduction to temperature measurement and calibration , 2nd ed., John Wiley& Sons Ltd., England, 2001.
- R. E. Bentley, ***Temperature Measurement*** *(series),* Sydney: CSIRO Australia, 2003.
- ILAC G8 : 09/2019 –Guidelines on decision rules and statement of conformity, 2019.
- JCGM 200:2008, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), 2008.
- ILAC-G24 - Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments

ความเข้าใจและการตีความใบรับรองผลการวัดและการสอบเทียบทางอุณหภูมิ สำหรับมาตรฐาน Q Cold Chain (Part 2)

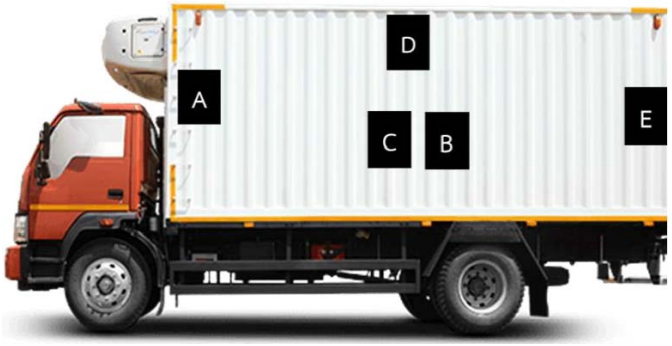
พงศ์เทพ ภู่อุณฑะโร

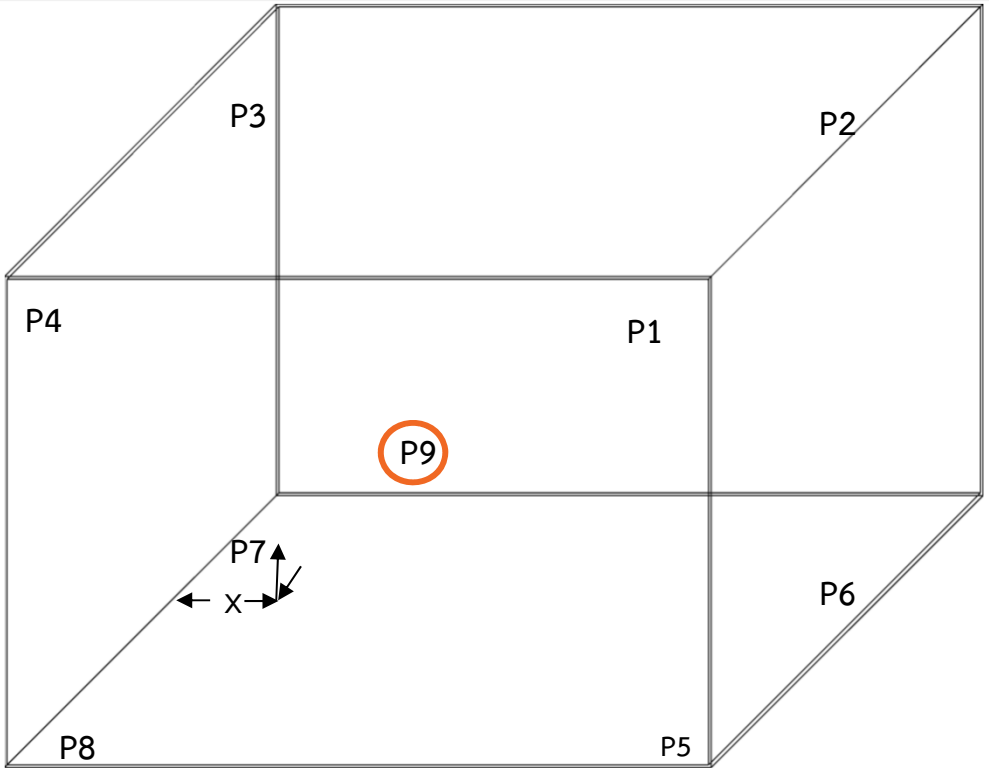
กลุ่มงานถ่ายทอดค่ามาตรฐานอุณหภูมิและความชื้น

ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

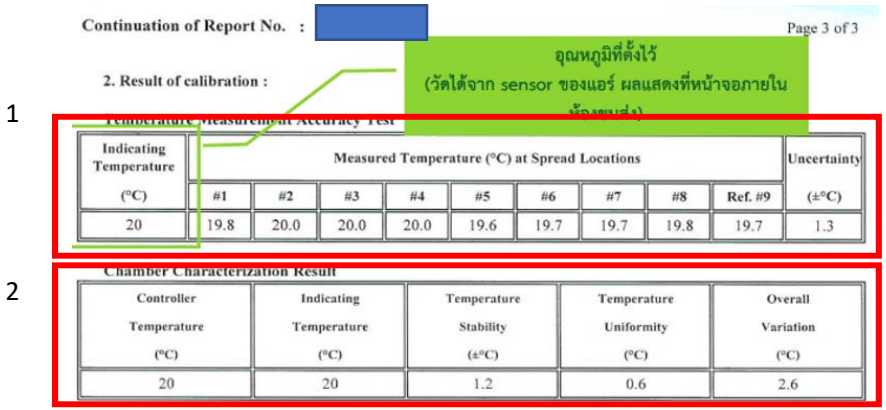
การสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิและการทวนสอบ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT





- การสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิ
  - วัตถุประสงค์ของการสอบเทียบ
    1. สอบเทียบความถูกต้องของภาคแสดงผลของตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Accuracy: Error, Correction)
    2. ประเมินประสิทธิภาพของตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Performance: Stability, Uniformity, Overall variation)



Continuation of Report No. :

Page 3 of 3

2. Result of calibration :

อุณหภูมิที่ตั้งไว้
(วัดได้จาก sensor ของแอร์ ผลแสดงที่หน้าจอภายใน

1

Indicating Temperature (°C)	Measured Temperature (°C) at Spread Locations									Uncertainty (±°C)
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	Ref. #9	
20	19.8	20.0	20.0	20.0	19.6	19.7	19.7	19.8	19.7	1.3

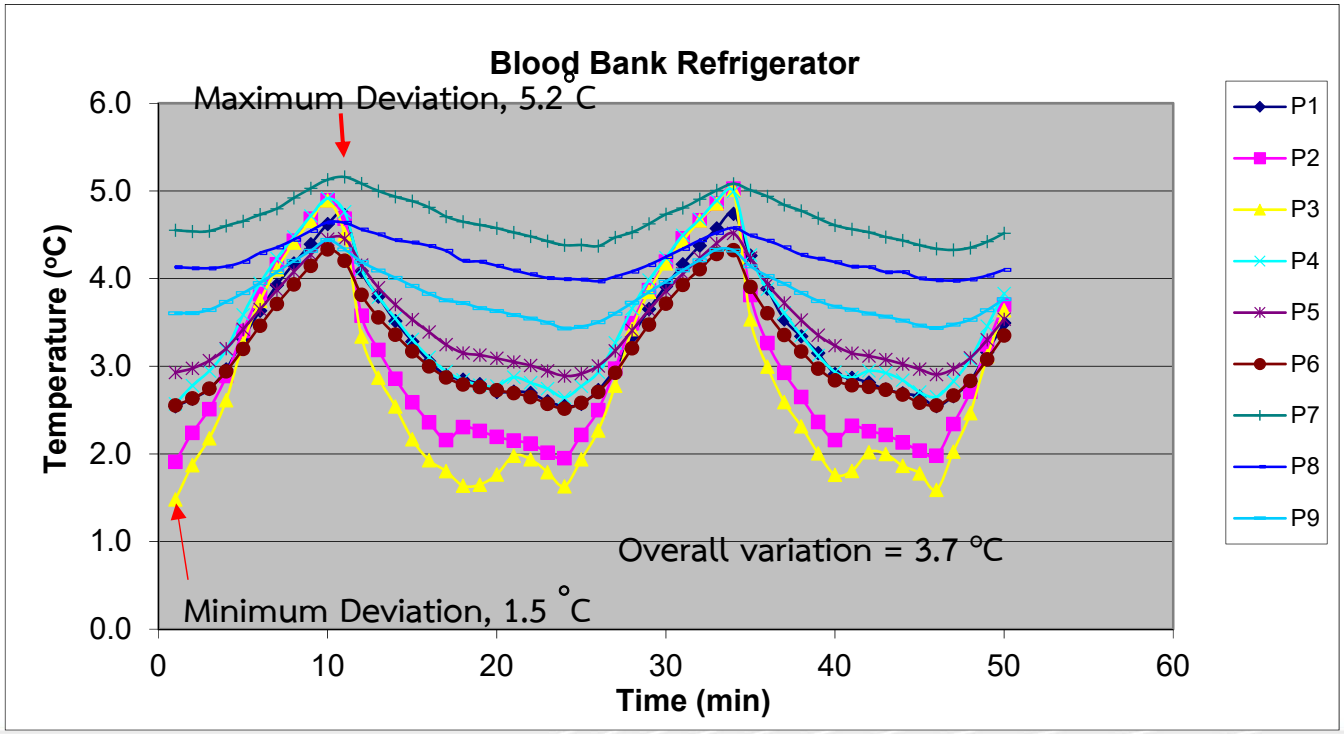
2

Chamber Characterization Result

Controller Temperature (°C)	Indicating Temperature (°C)	Temperature Stability (±°C)	Temperature Uniformity (°C)	Overall Variation (°C)
20	20	1.2	0.6	2.6

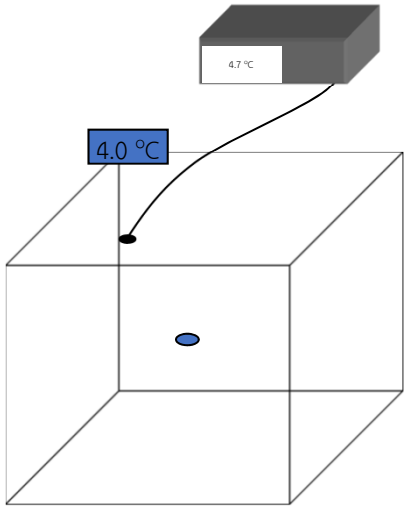
การสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิและการทวนสอบ

- การสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิ



การสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิและการทวนสอบ

- การทวนสอบตู้ควบคุมอุณหภูมิ
  - ตรวจสอบความผิดพลาดรวมที่ตำแหน่งนั้นๆ
    - ตรวจสอบสภาพของตู้อบว่ามีความสมบรูณ์อยู่หรือไม่
    - ตรวจสอบสภาพทั่วไปของตู้
    - ตรวจสอบยางขอบประตู
  - ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบโดยให้หัววัดอยู่บริเวณที่จะทำการตรวจสอบและควรตรวจสอบตู้อบในสภาวะเดียวกับที่ทำการสอบเทียบ
  - ทำการตรวจสอบบริเวณที่นำสายของหัววัดออกจากตู้อบว่ามีการรั่วขอความร้อนหรือไม่ ถ้ามีการรั่วให้ทำการแก้ไข
  - ทำการตั้งอุณหภูมิในจุดที่ต้องการตรวจสอบ
  - สังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในตู้อบว่าอยู่ในสภาวะนิ่งทำการบันทึกผลค่าที่อ่านได้จากตู้อบและเทอร์โมมิเตอร์ (สภาวะนิ่งอาจพิจารณาจากแนวทางของ TLAS- G20)
  - พิจารณาผลที่ได้จาการตรวจสอบเปรียบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับ

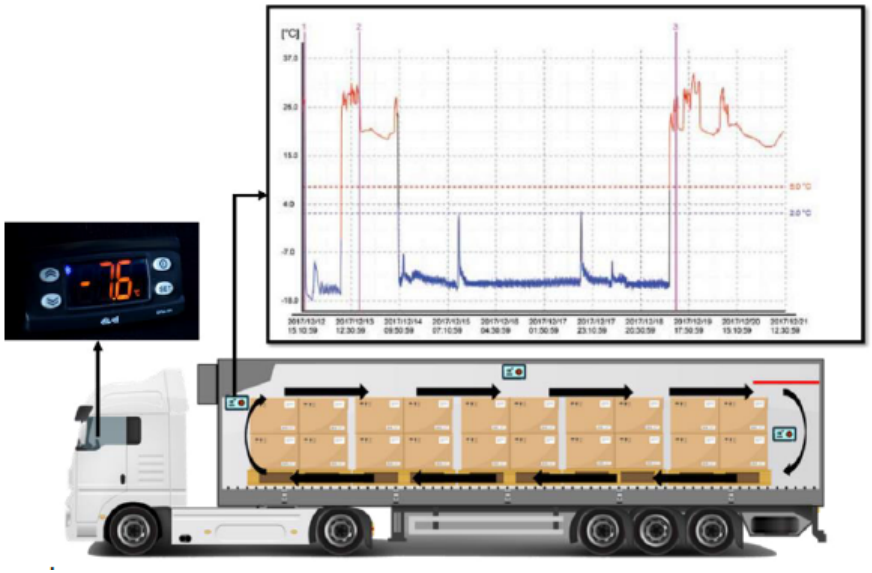


การสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิและการทวนสอบ

- การทวนสอบตู้ควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 4.21 ตัวอย่างแสดงจุดติดตั้ง Data Logger 5 จุด ภายในตู้ห้องเย็น

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุม



การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุม

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

1. สอบเทียบเพื่ออะไร ?

2. สอบเทียบแล้วได้อะไร

3. ในใบรับรองผลการสอบเทียบมีอะไร ?

Continuation of Certificate of Calibration Number TT-20-0067 Page 3 of 3 pages

MEASUREMENT RESULTS:

The measurement results of the digital thermometer with probe were reported in the tables below:

UUC Reading (°C)	Standard Reading (°C)	Correction (°C)	Uncertainty (K)
17.61	18.00	0.39	0.02
19.60	20.00	0.40	0.02
21.59	21.99	0.40	0.02

Note: UUC is Unit under calibration.

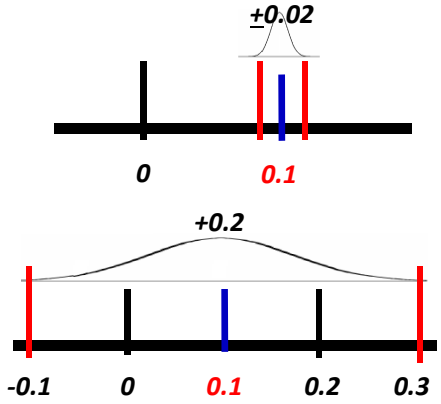
End of Certificate

ความไม่แน่นอนของการวัดคืออะไร

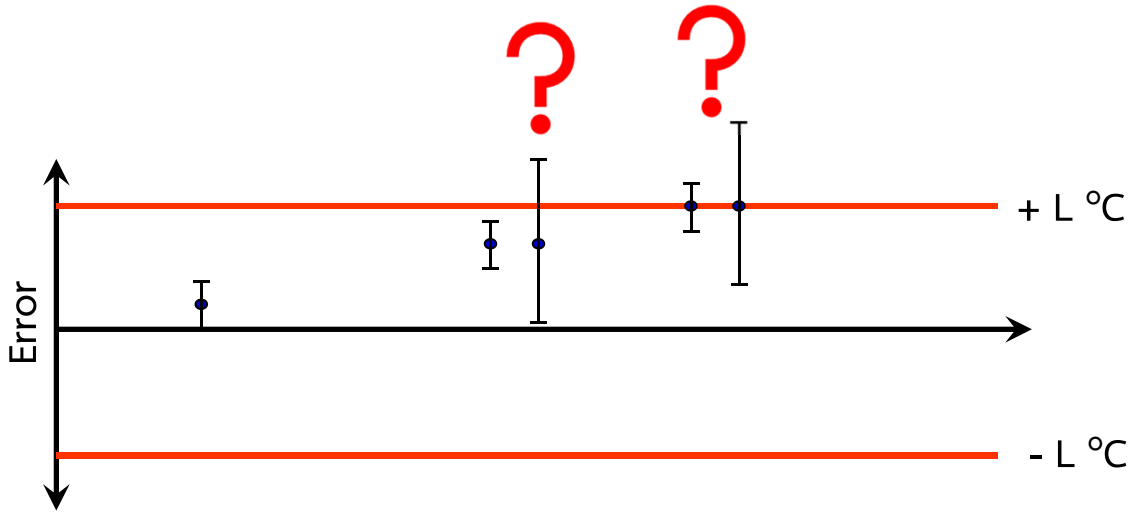
- ตัวแปรเสริมที่ไม่มีค่าเป็นลบซึ่งใช้บ่งบอกลักษณะเฉพาะของการกระจายของค่าปริมาณของสิ่งที่เจตนาวัดขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้ **(ประมวลศัพท์มาตรวิทยาระหว่างประเทศ แนวคิดพื้นฐานและแนวคิดทั่วไปพร้อมคำศัพท์ที่เชื่อมสัมพันธ์)**

ลักษณะการรายงานผล

Standard reading	UUC reading	Error	Uncertainty
0.0	0.1	0.1	0.02
0.0	0.1	0.1	0.2



ความไม่แน่นอนของการวัด และการพิจารณาผลการสอบเทียบ

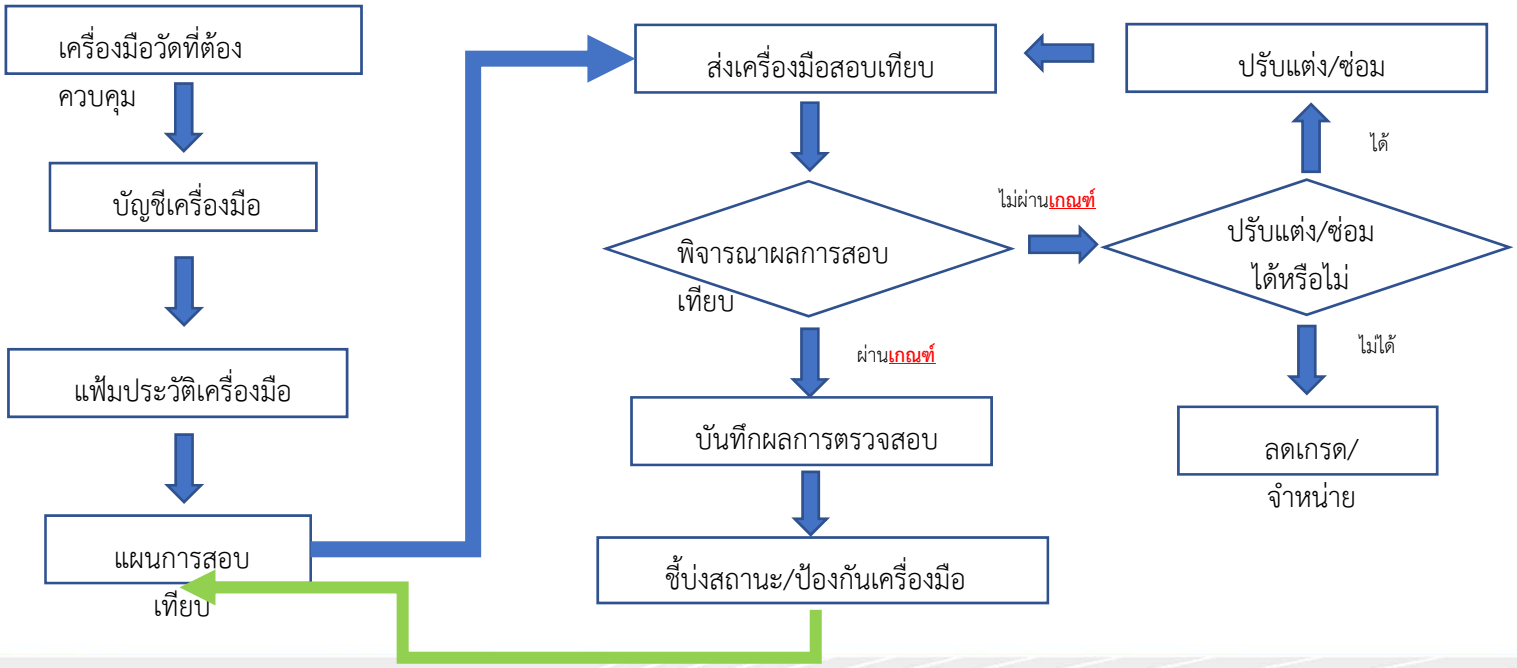


การจัดการเครื่องมือเริ่มตั้งแต่ตรงไหน ?

- การจัดซื้อ
  - Accuracy
  - Resolution
- การขึ้นทะเบียน การทำประวัติ
- การวางแผนการสอบเทียบ
- การเลือกห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
- การพิจารณาผลการสอบเทียบ

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

แผนผังแสดงตัวอย่างการจัดการเครื่องมือวัด



การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- เครื่องมือวัดใดบ้างที่ต้องควบคุม ?
- ความถี่ในการสอบเทียบกำหนดอย่างไร ?
- เลือกห้องปฏิบัติการสอบเทียบอย่างไร ?
- กำหนดจุดสอบเทียบอย่างไร ?
- เกณฑ์กำหนดอย่างไร ?

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- เครื่องมือวัดใดบ้างที่ต้องควบคุม ?
  - ✓ เครื่องมือที่มีผลต่อการวิเคราะห์
  - ✓ เครื่องมือที่มีผลต่อคุณภาพ
  - ✓ เครื่องมือที่มีผลต่อการตัดสินใจ
  - ✓ เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัย
  - ✓ เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมระบบ

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

บัญชีรายชื่อเครื่องมือ (ตัวอย่าง)

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	ผู้ผลิต	รุ่น	หมายเลขเครื่อง	ช่วงการใช้งาน	ความละเอียด	ความคลาดเคลื่อนยอมรับ	สถานที่สอบเทียบ	ระยะเวลาสอบเทียบ	ผู้รับผิดชอบ
1	Thermometer	Fluke	T-01	12345	-20 °C – 30 °C	0.1 °C	± 0.1 °C	NIMT	1 ปี	LAB 1
2	Data Logger	ABC	T-123	4567	-20 °C – 30 °C	1.0 °C	± 2.0 °C	NIMT	6 เดือน	แผนกจัดส่ง

แผนการสอบเทียบ (ตัวอย่าง)

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	ผู้ผลิต	รุ่น	หมายเลขเครื่อง	ประจำปี 2558												หมายเหตุ
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Thermometer	Fluke	T-01	12345			X										
2	Data Logger	ABC	T-123	4567									X				

ตัวอย่างการบันทึกประวัติเครื่องมือ

Equipment Name : Thermometer Model / Type : ABD 123 Serial Number : 12344 Range : -18 °C to 30 °C Resolution : 0.1 °C	Manufacturer : Tomo Calibration Interval : 12 month Accuracy : ± 0.5 °C Location : LAB 1

History

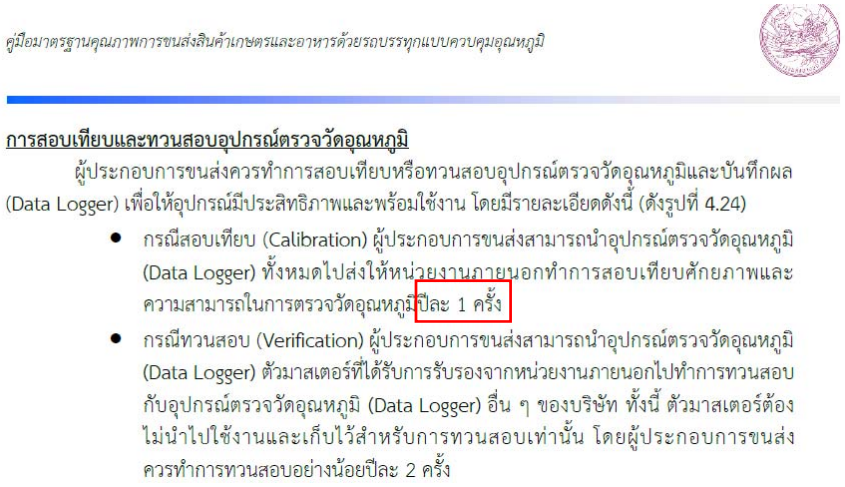
Item	Date	Due Date	Activity	Remark
1	12 Jan 2015	11 Jan 2016	Calibration	Pass
2	1 June 2015	-	ทวนสอบ	Pass

ความถี่ในการสอบเทียบกำหนดอย่างไร ?

ปัจจัยเบื้องต้นในการกำหนด Calibration Intervals

การกำหนดหรือการเปลี่ยนแปลง Calibration Intervals ควรพิจารณาความสมดุลระหว่างความเสี่ยงของการใช้ผลของเครื่องมือกับค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบ โดยพิจารณาจาก

†**ข้อกำหนดของมาตรฐาน**



คู่มือมาตรฐานคุณภาพการขนส่งสินค้าเกษตรและอาหารด้วยรถบรรทุกแบบควบคุมอุณหภูมิ

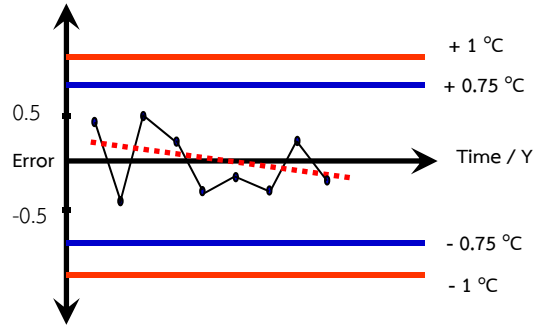
การสอบเทียบและทวนสอบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

ผู้ประกอบการขนส่งควรทำการสอบเทียบหรือทวนสอบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและบันทึกผล (Data Logger) เพื่อให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพและพร้อมใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ดังรูปที่ 4.24)

- กรณีสอบเทียบ (Calibration) ผู้ประกอบการขนส่งสามารถนำอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Data Logger) ทั้งหมดไปส่งให้หน่วยงานภายนอกทำการสอบเทียบศักยภาพและความสามารถในการตรวจวัดอุณหภูมิปีละ 1 ครั้ง
- กรณีทวนสอบ (Verification) ผู้ประกอบการขนส่งสามารถนำอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Data Logger) ตัวมาสเตอร์ที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานภายนอกไปทำการทวนสอบกับอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Data Logger) อื่น ๆ ของบริษัท ทั้งนี้ ตัวมาสเตอร์ต้องไม่นำไปใช้งานและเก็บไว้สำหรับการทวนสอบเท่านั้น โดยผู้ประกอบการขนส่งควรทำการทวนสอบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ปัจจัยเบื้องต้นในการกำหนด Calibration Intervals

- †ความสามารถของเครื่องดีกว่าค่าคาดหวัง
- † การเลื่อนค่าของเครื่องมือวัด
- † มีประวัติการปรับแต่ง
- † ผลการสอบเทียบที่ผ่านมาขอบเขตในการใช้งานเครื่องมือ
- † ผลกระทบที่เกิดจากสภาวะแวดล้อม
- † คำแนะนำจากผู้ผลิตเครื่องมือ



การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
National Institute of Metrology (Thailand)
NIMT

เลือกห้องปฏิบัติการสอบเทียบอย่างไร ?

- พิจารณาจากข้อกำหนดของมาตรฐาน
- Calibration Measurement Capability (CMC) ของห้องปฏิบัติการสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ทำอย่างไรจึงจะมั่นใจได้ว่า
เป็นไปตามข้อกำหนด

รายละเอียดสาขาและขอบข่ายใบรับรองห้องปฏิบัติการ
(Scope of Accreditation for Calibration)
ใบรับรองเลขที่ 21-LB0014
(Certification no. 21-LB0014)

ฉบับที่ 06 (Issue No. 06) ออกให้ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน 2564 (Valid from) (2nd September 2564 (2021)) ถึงวันที่ 5 กันยายน 2565 (Until) (5th September 2565 (2022))

สถานภาพห้องปฏิบัติการ (Laboratory status) ☑ ถาวร (Permanent) ☐ นอกสถานที่ (Site) ☐ ชั่วคราว (Temporary) ☐ เคลื่อนที่ (Mobile) ☐ หลายสถานที่ (Multisite)

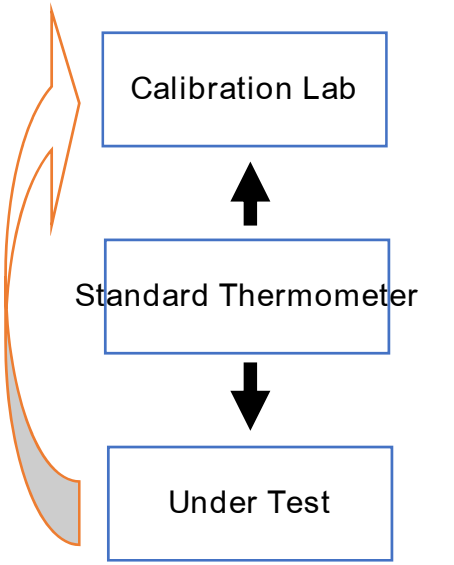
สาขาการสอบเทียบ (Field of Calibration)	รายการสอบเทียบ (Parameter)	ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด* (Calibration and Measurement Capability*)	วิธีการสอบเทียบ (Calibration Method)
9. อุณหภูมิ (ต่อ) (9. Temperature (cont.))	Liquid calibration bath		
	-80 °C to 25 °C (alcohol)	0.020 °C	Comparison between two standard platinum resistance thermometers located at different position inside the liquid bath.
	5 °C to 50 °C (water)	0.015 °C	
	> 50 °C to 300 °C (oil)	0.050 °C	
	> 300 °C to 500 °C (salt)	0.050 °C	
	Dry block		Comparison between two standard platinum resistance thermometers located at different position inside the temperature block calibrator
	0 °C to 660 °C	0.10 °C	
	> 660 °C to 1 100 °C	1.5 °C	
	Digital thermometer with resistance temperature sensor		Comparison with SPRT in ethanol bath, water bath, oil bath and salt bath
	-196 °C	15 mK	
	-100 °C to -60 °C	20 mK	
	-60 °C to 90 °C	15 mK	
	> 90 °C to 250 °C	20 mK	
	> 250 °C to 400 °C	30 mK	
	> 400 °C to 500 °C	35 mK	

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- คุณภาพของการสอบเทียบขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง
  - คน
    - การฝึกอบรม
    - ความสามารถ
  - วิธีการ
    - Standard, develop, non-standard
    - Validate
  - เครื่องมือ
    - Accuracy
    - Calibration
    - traceability
  - ระบบบริหารจัดการ

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

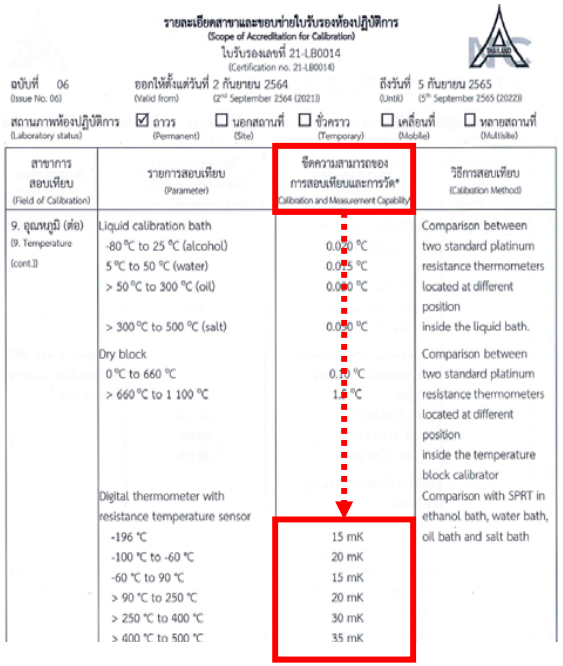
ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ควรเลือก ?



Reference Lab
Internal Lab
Equipment

Accuracy or TUR ≥ 4 เท่า

Accuracy or TUR ≥ 4 เท่า



รายละเอียดสาขาและขอบข่ายใบรับรองห้องปฏิบัติการ
(Scope of Accreditation for Calibration)
ใบรับรองเลขที่ 21-LB0014
(Certification no. 21-LB0014)

ฉบับที่ 06 (Issue No. 06) ออกให้ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน 2564 (2nd September 2564 (2021)) ถึงวันที่ 5 กันยายน 2565 (5th September 2565 (2022))

สถานภาพห้องปฏิบัติการ (Laboratory status) ☑ ถาวร (Permanent) ☐ นอกสถานที่ (Site) ☐ ชั่วคราว (Temporary) ☐ เคลื่อนที่ (Mobile) ☐ หลายสถานที่ (Multisite)

สาขาการสอบเทียบ (Field of Calibration)	รายการสอบเทียบ (Parameter)	ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด* (Calibration and Measurement Capability)	วิธีการสอบเทียบ (Calibration Method)
9. อุณหภูมิ (ต่อ) (9. Temperature (cont.))	Liquid calibration bath		
	-80 °C to 25 °C (alcohol)	0.020 °C	Comparison between two standard platinum resistance thermometers located at different position inside the liquid bath.
	5 °C to 50 °C (water)	0.015 °C	
	> 50 °C to 300 °C (oil)	0.060 °C	
	> 300 °C to 500 °C (salt)	0.050 °C	
	Dry block		
	0 °C to 660 °C	0.20 °C	Comparison between two standard platinum resistance thermometers located at different position inside the temperature block calibrator
	> 660 °C to 1 100 °C	1.5 °C	
	Digital thermometer with resistance temperature sensor		Comparison with SPRT in ethanol bath, water bath, oil bath and salt bath
	-196 °C	15 mK	
	-100 °C to -60 °C	20 mK	
	-60 °C to 90 °C	15 mK	
	> 90 °C to 250 °C	20 mK	
	> 250 °C to 400 °C	30 mK	
	> 400 °C to 500 °C	35 mK	

TUR = Test Uncertainty Ratio

ผู้ใช้งาน	ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ	
เกณฑ์การยอมรับ	ค่าความไม่แน่นอน	
± 0.1 ˚C	± 0.025 ˚C	$\text{TUR} = \frac{0.1}{0.025} = 4$
± 1.0 ˚C	± 0.25 ˚C	$\text{TUR} = \frac{1}{0.25} = 4$
± 4.0 ˚C	± 1.0 ˚C	$\text{TUR} = \frac{4}{1} = 4$
±2.0 ˚C	± ? ˚C	$\text{TUR} = \frac{2}{?} = 4$

“TUR = 4”

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- กำหนดตามมาตรฐาน
- กำหนดตามการใช้งาน
  - ใช้งานเป็นจุด เช่น 4 °C, 37 °C และ 121 °C สอบเทียบตามจุดที่ใช้งาน
    - Digital thermometer ใช้สำหรับเฝ้าระวัง (monitor) อุณหภูมิตู้แช่ที่ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 5 °C ± 3 °C ควรกำหนดจุดสอบเทียบอย่างไร
      - (0, 10) °C, (2, 5, 8) °C
  - ใช้งานเป็นช่วง เช่น -40 °C ถึง 100 °C สอบเทียบให้ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน
    - (-40, -20, 0, 50, 100) °C, (-40 ,0 ,100) °C
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิต้องการควบคุมอุณหภูมิในช่วง 0 °C ถึง 8 °C [(4±4) °C] ควรกำหนดจุดสอบเทียบตู้ควบคุมอุณหภูมิอย่างไร
    - 4 °C
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิต้องการควบคุมอุณหภูมิในช่วง 0 °C ถึง 8 °C [(4±4) °C] ควรกำหนดจุดสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับเฝ้าระวัง (monitor) อุณหภูมิอย่างไร
    - (0, 10) °C, (0, 4, 8) °C

เกณฑ์การยอมรับกำหนดจากอะไร ?

- เกณฑ์การยอมรับของเครื่องมือทดสอบ สอบเทียบ กำหนดขึ้นเพื่อควบคุมหรือทวนสอบ ความแม่นของผลการวัดจากเครื่องมือดังกล่าว ว่ายังมีความสอดคล้องกับความต้องการหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้องอยู่หรือไม่
  - “A food business must, at food premises where potentially hazardous food is handled, have a temperature measuring device that –

    (a) is readily accessible; and

    (b) can accurately measure the temperature of potentially hazardous food to +/- 1 ºC”

Source: Standard 3.2.2 Food Safety Practices and General Requirements in Division 6, clause 22

- เกณฑ์การยอมรับกำหนดจากอะไร ?
  - กำหนดจากมาตรฐานของการทดสอบต่าง ๆ
  - กำหนดจากคู่มือของผู้ผลิตเครื่องมือ
  - กำหนดตามความเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับงานที่ใช้
  - กำหนดจากข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.2 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสินค้าเกษตรและอาหาร

ลำดับ	ประเภทสินค้า	อุณหภูมิที่เหมาะสม (°c)
1	ผักและผลไม้	(0)°c – (15)°c
2	สินค้าแช่เย็น	(0)°C – (8)°C
3	สินค้าแช่แข็ง	น้อยกว่าหรือเท่ากับ (-18)°c
4	ไอศกรีม	น้อยกว่าหรือเท่ากับ (-25)°c

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

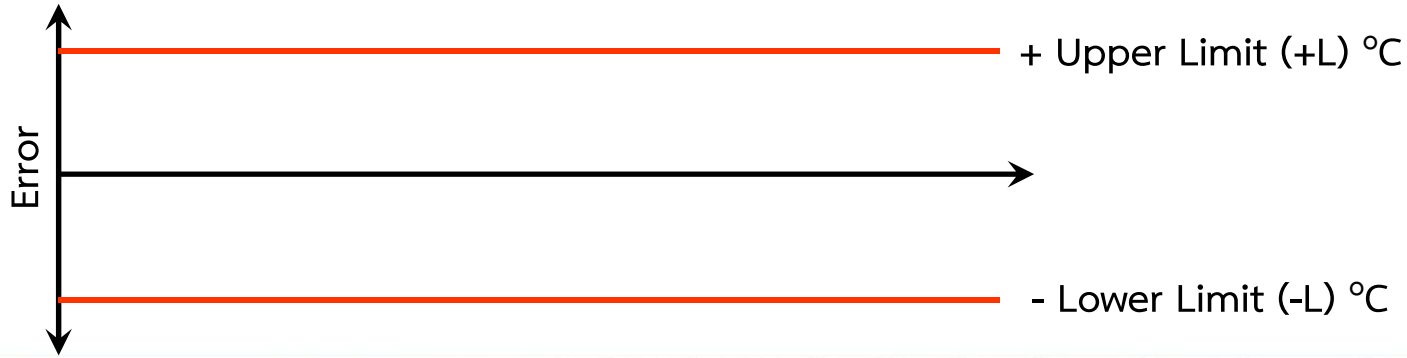
- การควบคุมกับเกณฑ์การยอมรับ

† กำหนด Tolerance Limit (+L , –L)

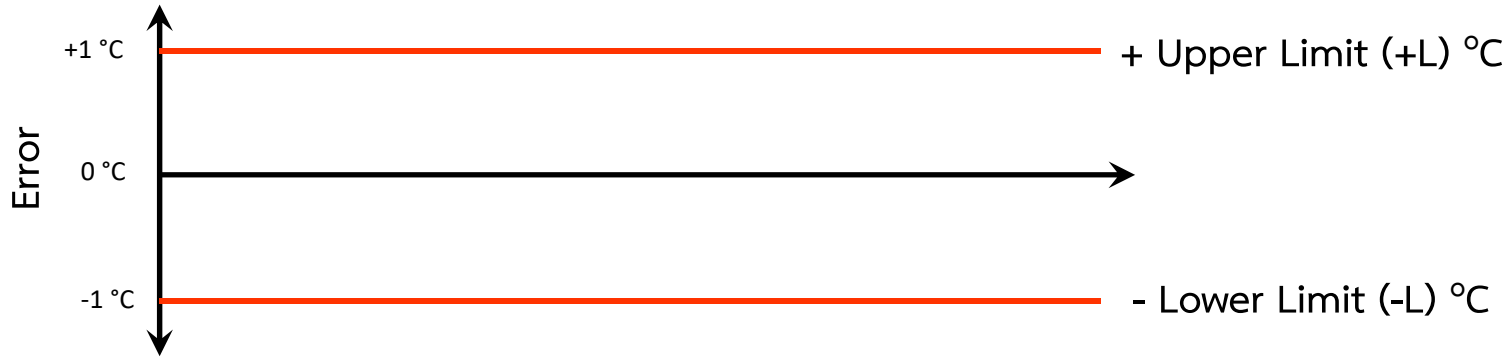
+ จากมาตรฐานการทดสอบต่างๆ

+ จากข้อกำหนดของผู้ผลิตเครื่องมือ

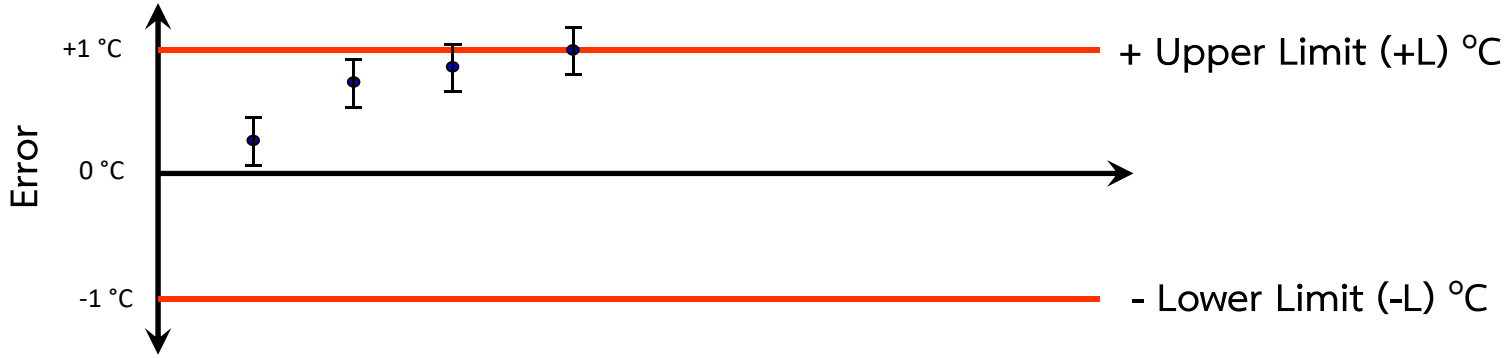
+ ตามความเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับงานที่ใช้



- การควบคุมกับเกณฑ์การยอมรับ
  - “A food business must, at food premises where potentially hazardous food is handled, have a temperature measuring device that –
    - (b) can accurately measure the temperature of potentially hazardous food to +/- 1 ºC”

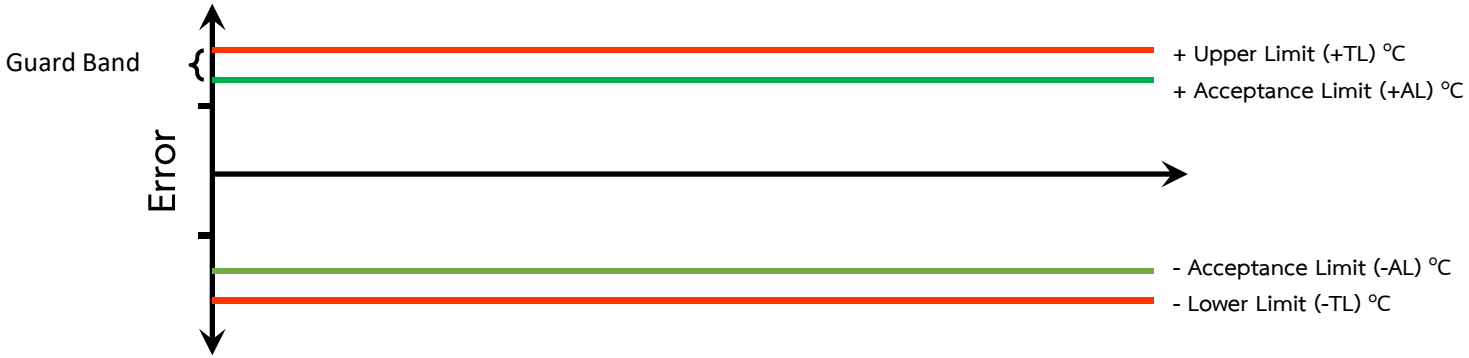


- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - การพิจารณาผลอย่างง่าย
    - TUR ≥ 4:1 (ASME B89.7.3.1-2001)
    - Acceptance Limit (AL) = Tolerance Limit (TL)
    - Error ≤ AL



การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - การพิจารณาผลโดยมี Guard Band
    - Acceptance Limit (AL) = Tolerance Limit (TL) – Expanded Uncertainty (U)
      - +AL=+TL-U
      - -AL=-TL+U



- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - การพิจารณาผลโดยมี Guard Band

Result of Calibration: Without adjustment

STD Value (°C)	UUC Reading (°C)	Error (°C)	Uncertainty (±) (°C)
2.00	1.9	-0.10	0.15
8.00	7.9	-0.10	0.15
15.00	14.8	-0.20	0.15
20.00	19.8	-0.20	0.15
25.00	24.8	-0.20	0.15

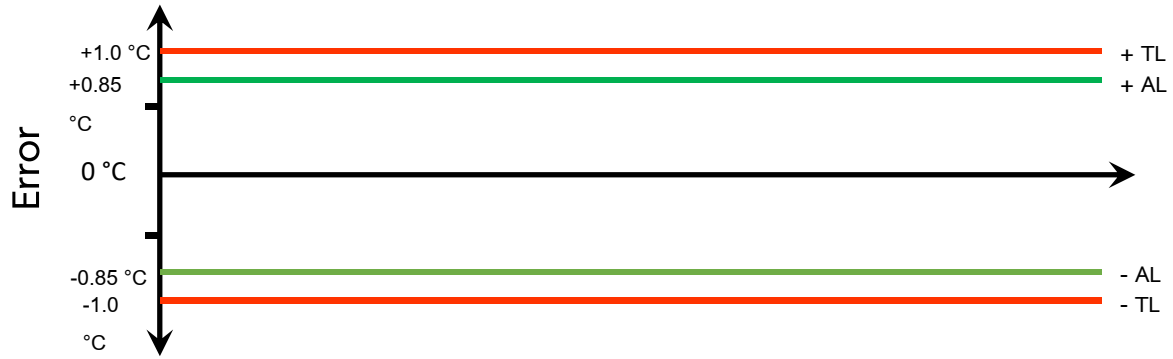
ตัวอย่างผลการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

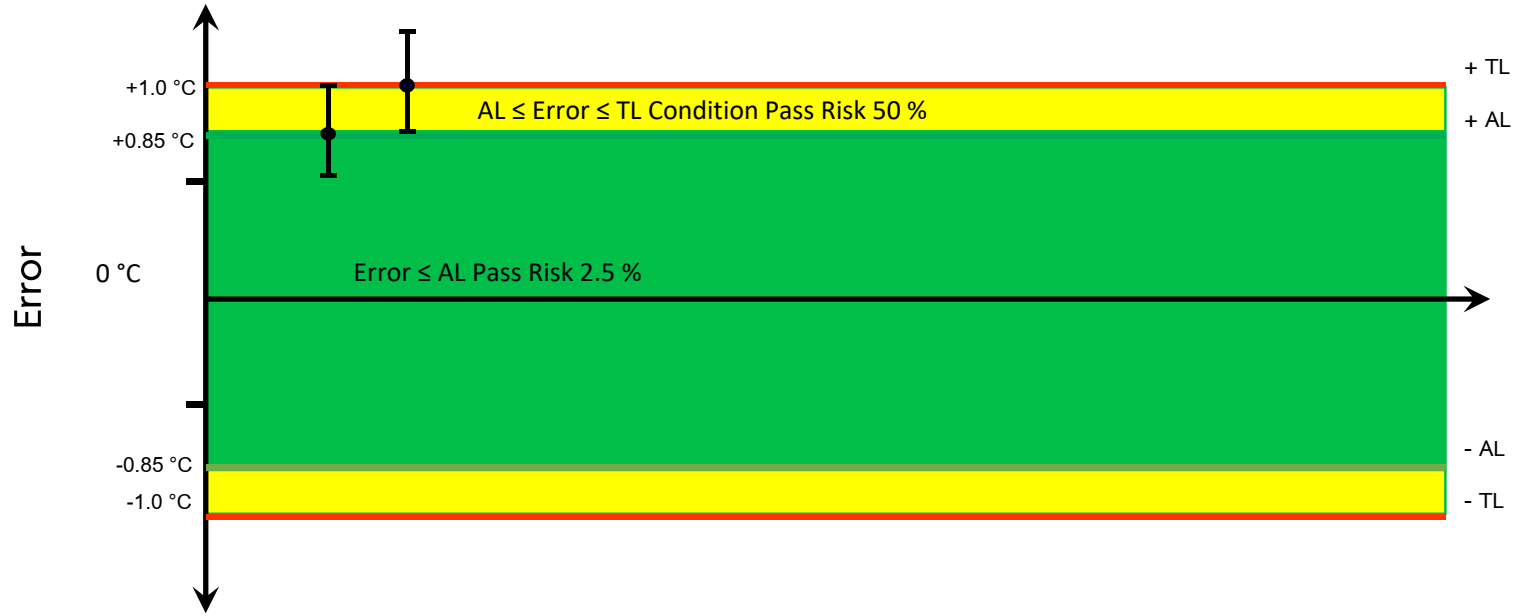
- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - การพิจารณาผลโดยมี Guard Band
    - Acceptance Limit (AL) = Tolerance Limit (TL) – Expanded Uncertainty (U)
    - AL = 1.0 - 0.15 = 0.85

Result of Calibration: Without adjustment

STD Value (°C)	UUC Reading (°C)	Error (°C)	Uncertainty (±) (°C)
2.00	1.9	-0.10	0.15
8.00	7.9	-0.10	0.15
15.00	14.8	-0.20	0.15
20.00	19.8	-0.20	0.15
25.00	24.8	-0.20	0.15



- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ



การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (ตู้ห้องเย็น)

ตู้ควบคุมอุณหภูมิต้องการควบคุมอุณหภูมิในช่วง 0 °C ถึง 8 °C

1. ความถูกต้องของภาคแสดงผลของตู้ควบคุมอุณหภูมิ
   - เกณฑ์ควบคุมของเทอร์โมมิเตอร์ (±1) °C
   - Tolerance ของเทอร์โมมิเตอร์ Limit ±1 °C
   - TUR 4:1
   - Uncertainty ≤ 0.25
2. ประเมินประสิทธิภาพของตู้ควบคุมอุณหภูมิ
   - เกณฑ์ควบคุมของตู้ควบคุมอุณหภูมิ (4±4) °C
   - Tolerance ของตู้ควบคุมอุณหภูมิ Limit ±4 °C
   - TUR 4:1
   - Uncertainty ≤ 1

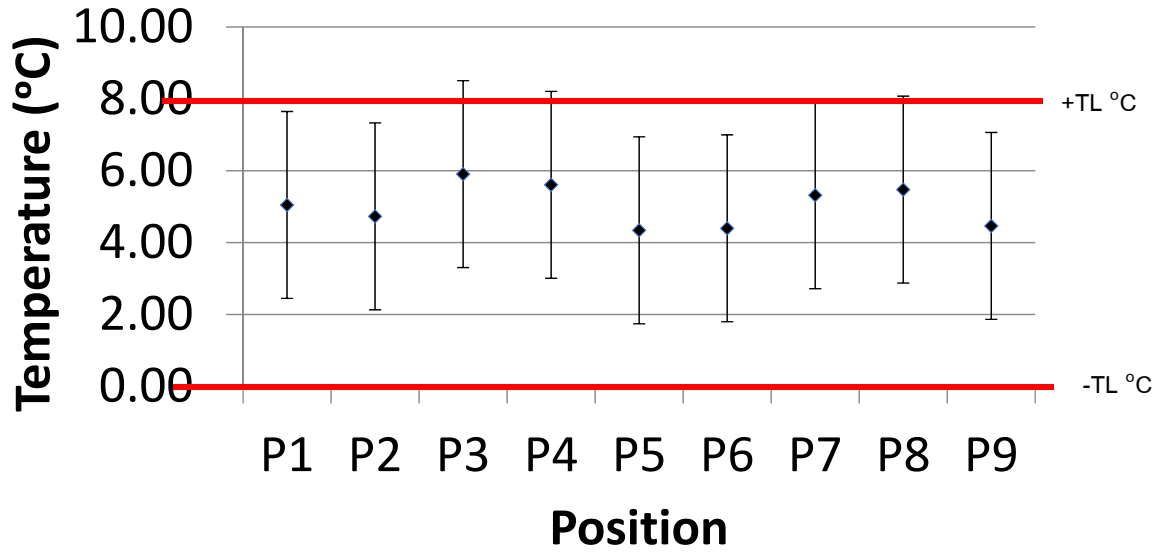
- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (ตู้ห้องเย็น)

Temperature Control (°C)	Position (Reference@ P9) (° C)									UUC Indicator (°C)	Uncertainty (° C)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9		
0-8	5.05	4.73	5.91	5.61	4.34	4.40	5.32	5.48	4.46	4.0	2.6
	2.45	2.13	3.31	3.01	1.74	1.80	2.72	2.88	1.86	← $\bar{X} - U$	
	7.65	7.33	8.51	8.21	6.94	7.00	7.92	8.08	7.06	← $\bar{X} + U$	

Refigerator Performance

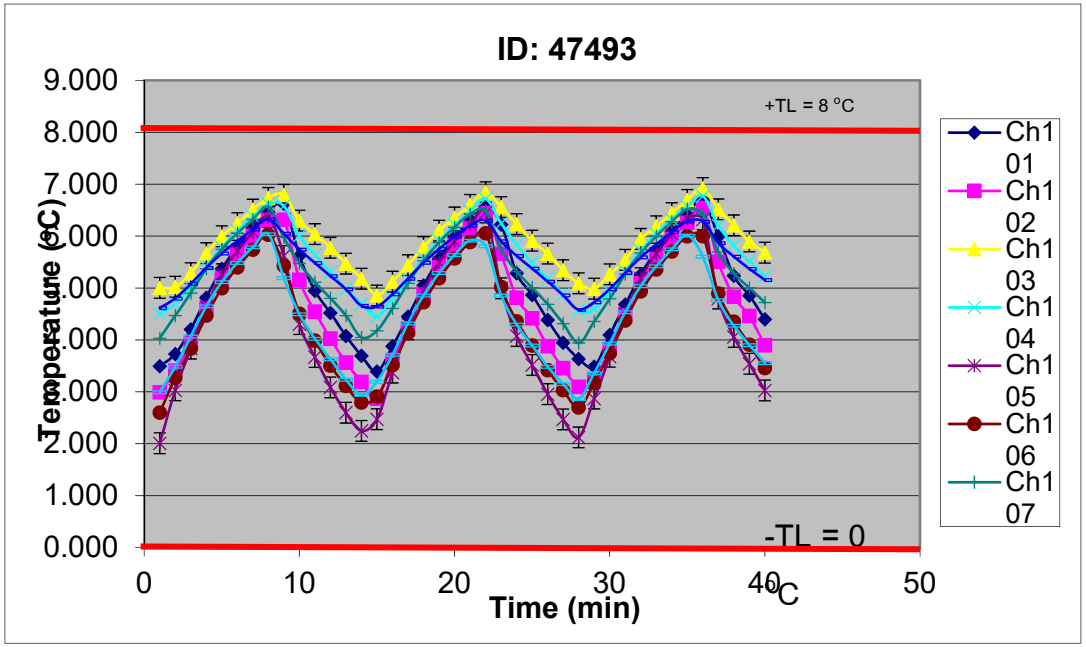
Temperature Control (°C)	Stability ±(°C)	Uniformity ±(°C)	Over all variation ±(°C)
0-8	2.22	1.01	2.5

- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (ตู้ห้องเย็น)



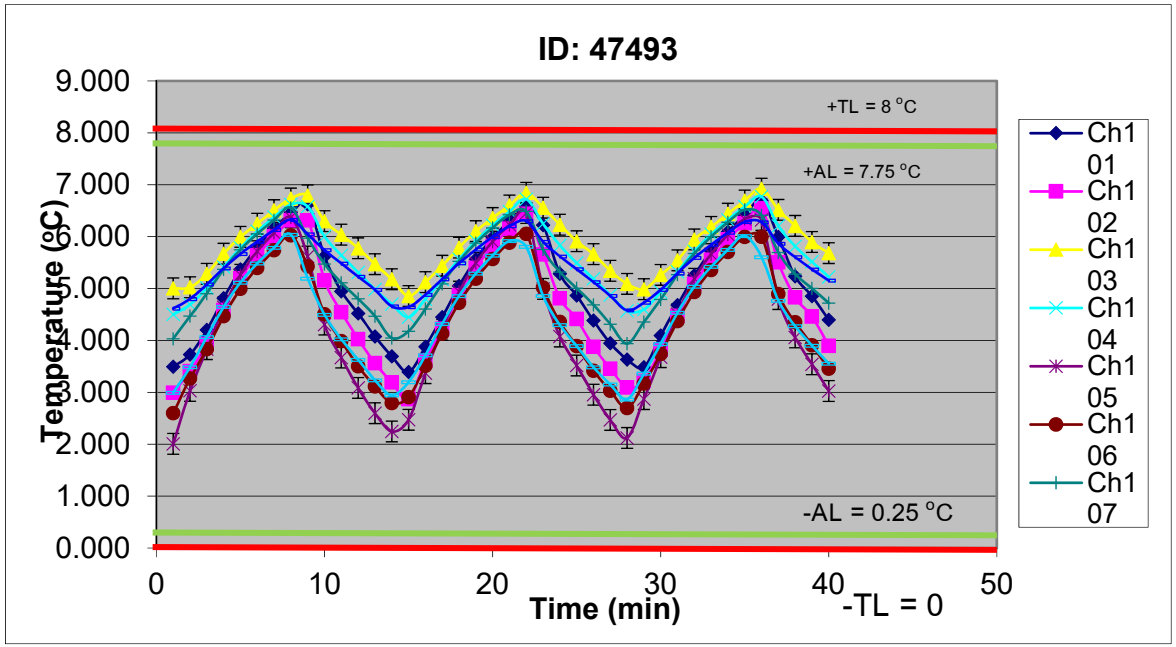
การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (ตู้ห้องเย็น)



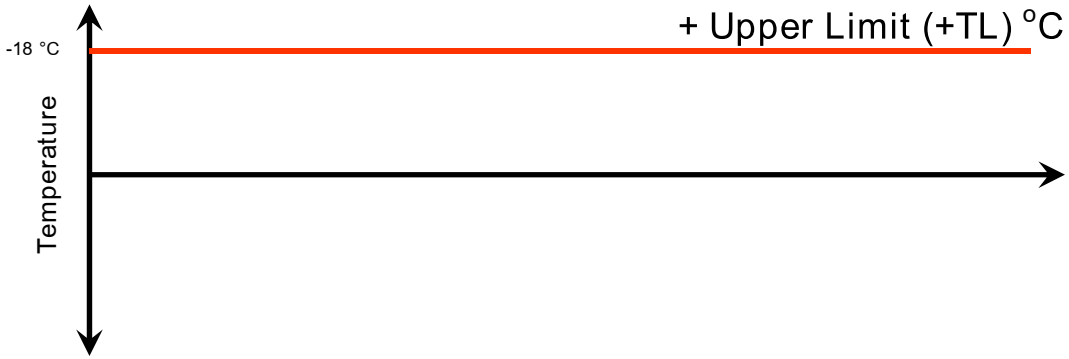
การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (ตู้ห้องเย็น)



การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- แนวทางการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิต้องการควบคุมอุณหภูมิในช่วงต่ำกว่า -18 °C
    - เกณฑ์ควบคุมของตู้ควบคุมอุณหภูมิ ≤ -18 °C



ตู้ควบคุมอุณหภูมิต้องการควบคุมอุณหภูมิในช่วงต่ำกว่า -18 °C

1. ความถูกต้องของภาคแสดงผลของตู้ควบคุมอุณหภูมิ
   - เกณฑ์ควบคุมของเทอร์โมมิเตอร์ (±1) °C
   - Tolerance ของเทอร์โมมิเตอร์ Limit ±1 °C
   - TUR 4:1
   - Uncertainty ≤ 0.25
2. ประเมินประสิทธิภาพของตู้ควบคุมอุณหภูมิ
   - เกณฑ์ควบคุมของตู้ควบคุมอุณหภูมิ ≤ -18 °C

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- ตัวอย่างการการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 °C

Continuation of Report No. : [redacted] Page 3 of 3

2. Result of calibration :

อุณหภูมิที่ตั้งไว้
(วัดได้จาก sensor ของแอร์ ผลแสดงที่หน้าจอภายในห้องขนส่ง)

Temperature Measurement Accuracy Test

Indicating Temperature (°C)	Measured Temperature (°C) at Spread Locations									Uncertainty (±°C)
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	Ref. #9	
20	19.8	20.0	20.0	20.0	19.6	19.7	19.7	19.8	19.7	1.3

Chamber Characterization Result

Controller Temperature (°C)	Indicating Temperature (°C)	Temperature Stability (±°C)	Temperature Uniformity (°C)	Overall Variation (°C)
20	20	1.2	0.6	2.6

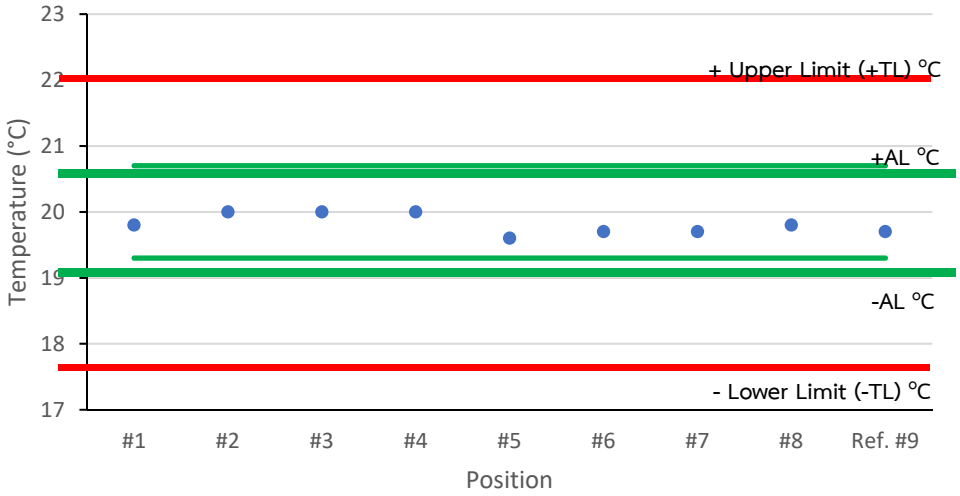
การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- ตัวอย่างการการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 °C
    - เกณฑ์การยอมรับ 18 °C ถึง 22 °C / (± 2 °C)

	Indicating Temperature (°C)	Measured Temperature (°C) at Spread Locations									Uncertainty (°C)
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	Ref. #9	
	20	19.8	20	20	20	19.6	19.7	19.7	19.8	19.7	1.3
Upper Limit	22	21.1	21.3	21.3	21.3	20.9	21	21	21.1	21	Temp+U
Lower Limit	18	18.5	18.7	18.7	18.7	18.3	18.4	18.4	18.5	18.4	Temp-U

การจัดการเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

- ตัวอย่างการการพิจารณาผลการสอบเทียบ
  - ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 °C
    - เกณฑ์การยอมรับ 18 °C ถึง 22 °C / (± 2 °C)



- +AL= 22 - 1.3 = 20.7 °C
- -AL = 18 + 1.3 = 19.3 °C

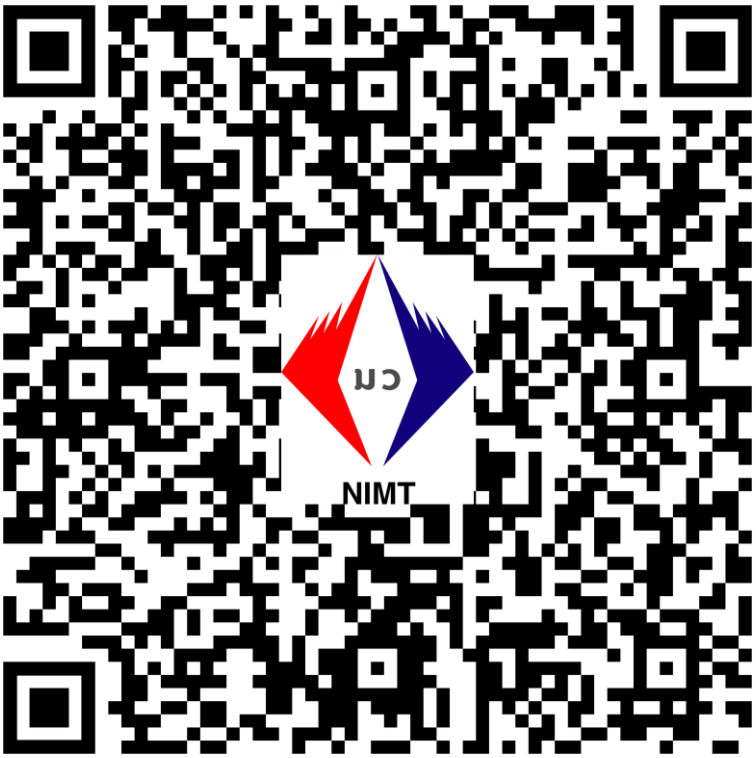
Q&A

NIMT Thermometry Department

เอกสารอ้างอิง

- คู่มือมาตรฐานคุณภาพการขนส่งสินค้าเกษตรและอาหารด้วยรถบรรทุกแบบควบคุมอุณหภูมิ
- AUSTRALIAN COLD CHAIN GUIDELINES 2017
- ISO 10012: 2003 Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment
- ILAC G8 : 09/2019 –Guidelines on decision rules and statement of conformity, 2019.
- ASME B89.7.3.1-2001 GUIDELINES FOR DECISION RULES: CONSIDERING MEASUREMENT UNCERTAINTY IN DETERMINING CONFORMANCE TO SPECIFICATIONS
- JCGM 200:2008, ประมวลศัพท์มาตรวิทยาระหว่างประเทศ แนวคิดพื้นฐานและแนวคิดทั่วไปพร้อมคำศัพท์ที่เชื่อมสัมพันธ์
- ILAC-G24 - Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments
- G-20 Guidelines for Calibration and Checks of Temperature Controlled Enclosures

แบบประเมินความพึงพอใจ



สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

National Institute of Metrology (Thailand)

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

3 / 4 - 5 หมู่ที่ 3 ต. คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทร. 0 2577 5100 โทรสาร 0 2577 2823

www.nimt.or.th