

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

หลักการทั่วไปว่าด้วยความสามารถ สอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

สาขาเคมี

22

รายชื่อคณะกรรมการจัดทำเอกสารหลักการทั่วไปว่าด้วย

23

ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา สาขาเคมี

ประธานคณะกรรมการ

นางพจมาน ท่าจิ้น กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รองประธานคณะกรรมการ

นางสาวนงลักษณ์ ตั้งไพศาลกุล สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

คณะกรรมการ

นายอวิรุทธ์ เขจรนิตย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

นางทิพยา จุลหวี พอร์จูน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นางสาวปรียาภรณ์ แจ้การกิจ สถาบันอาหาร

นางสาวธนิดา พิมพ์มา บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

นางสาวตรีรัตน์ สีนวิรุทัย สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

นางสาวจีรพา บุญญคง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

นางกิตติยา เชียร์แมน สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

คณะกรรมการและเลขานุการ

นางเนตรนพิศ คุ่มทุกทิศ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

นางเนตติกานต์ อ่อนไทย สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวนพวรรณ ทิพกานนท์ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

นางสาวจันทร์ชรัตน์ มากชุม สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สารบัญ

25			
26			
27			
28	1	ขอบข่ายและการใช้งาน	1
29	2	บทนำ.....	1
30	3	หลักการทั่วไปว่าด้วยความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา.....	2
31	3.1	แนวคิดและบริบทที่เกี่ยวข้อง.....	4
32	3.2	สิ่งที่เจตนาวัด วิธีดำเนินการ วิธีการวัด และผลการวัด.....	4
33	3.2.1	สิ่งที่เจตนาวัด (measurand).....	4
34	3.2.2	วิธีดำเนินการวัด (measurement procedure).....	4
35	3.2.3	วิธีการวัด (measurement method)	4
36	3.2.4	ผลการวัด (measurement result).....	5
37	3.3	การวัด หน่วยการวัด มาตรการวัด มาตรฐานการวัด และระบบปริมาณระหว่างประเทศ	5
38	3.3.1	การวัด (measurement)	5
39	3.3.2	หน่วยการวัด (measurement unit).....	5
40	3.3.3	มาตรการวัด (measurement scale)	6
41	3.3.4	มาตรฐานการวัด (measurement standard).....	6
42	3.3.5	ระบบปริมาณระหว่างประเทศ (International System of Quantities, ISQ).....	6
43	3.3.6	ระบบหน่วยระหว่างประเทศ (International System of Units, SI).....	6
44	3.4	การสอบเทียบ.....	8
45	3.5	ผลกระทบต่อผลการวัด.....	8
46	3.6	การควบคุมสภาวะคงที่ (controlling fixed conditions).....	8
47	3.7	การควบคุมตัวแปรด้วยมาตรฐานการสอบเทียบ.....	9
48	3.8	บทบาทของการพัฒนาวิธีการวัด.....	10
49	3.9	บทบาทของการสอบความใช้ได้ของวิธีวัด	10
50	3.10	ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาและความไม่แน่นอนการวัด.....	11

51	3.11	ห่วงโซ่ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา.....	11
52	4	ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา	14
53	5	การสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา	14
54	5.1	กิจกรรมสำคัญในการสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา.....	14
55	5.2	การระบุสิ่งที่เจตนาวัดและความไม่แน่นอนที่ต้องการ.....	15
56	5.3	การเลือกวิธีดำเนินการวัดที่เหมาะสม	15
57	5.4	การสอบความใช้ได้.....	16
58	5.5	ความสำคัญของพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการวัด.....	16
59	5.6	การเลือกและใช้มาตรฐานการวัดที่เหมาะสม	17
60	5.7	การประเมินความไม่แน่นอน.....	17
61	6	ทางเลือกของการอ้างอิง.....	17
62	6.1	การวัดทางกายภาพ	17
63	6.2	การยืนยันตัวตน (confirmation of identity).....	18
64	6.3	การสอบเทียบด้วยวัสดุอ้างอิงรับรอง	18
65	6.4	การสอบเทียบกับวัสดุอื่นๆ.....	20
66	6.5	การสอบเทียบโดยใช้ข้อมูลอ้างอิง	22
67	6.6	วัสดุอ้างอิงสำหรับการพัฒนาวิธีการวัด การสอบความใช้ได้ และการทวนสอบวิธีการ	23
68	6.7	การประเมินความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของวัสดุอ้างอิงทางการค้า.....	23
69	7	การรายงานความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา.....	24
70	8	บทสรุป	24
71	9	ภาคผนวก: ตัวอย่างการทดสอบทางเคมี	24
72	10	คำถามที่พบบ่อย	28
73	11	เอกสารอ้างอิง	29

75 1 ขอบข่ายและการใช้งาน

76 1.1 คู่มือนี้เป็นคำแนะนำในการสร้างความสามารถในการสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของการวิเคราะห์เชิง
77 ปริมาณทางเคมี เพื่อช่วยให้ห้องปฏิบัติการสามารถดำเนินการตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการสอบ
78 กลับได้ของผลการวัดที่กำหนดใน ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและ
79 ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ISO/IEC 17025

80 1.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบ สามารถนำคู่มือนี้ไปใช้ในส่วนงานต่อไปนี้

- 81 1) การทดสอบและการสอบเทียบ
- 82 2) การทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวัสดุอ้างอิง
- 83 3) การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ
- 84 4) การวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางเคมี

85 1.3 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้ผลการทดสอบมีความ
86 น่าเชื่อถือ แต่ทั้งนี้ยังมีความจำเป็นต้องมีมาตรการอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น การประเมินประสิทธิภาพของ
87 วิธีการวัด การประกันคุณภาพและการควบคุมเพื่อให้มั่นใจในความใช้ได้ของผลการวัด (Validity of
88 results)

90 2 บทนำ

91 2.1 หากต้องการให้ผลการวัดที่ได้จากห้องปฏิบัติการต่างๆ มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ ผลการวัดนั้นจะต้อง
92 สามารถเปรียบเทียบผลกันได้ ในทางเคมี วิธีเปรียบเทียบที่ดีที่สุด คือ การสอบกลับไปที่มาตรฐานการ
93 วัดที่เชื่อถือได้ ซึ่งมาตรฐานนี้ควรได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ หนึ่งใน
94 นั้น คือ การสอบกลับไปที่หน่วยวัดของระบบหน่วยระหว่างประเทศ (International System of
95 Units, SI) ซึ่งเป็นระบบหน่วยที่ยอมรับในระดับสากล

96 2.2 ความหมายของความสามารถสอบกลับได้ โดยเน้นไปที่ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา ดัง
97 นิยามในเอกสาร “International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and
98 associated terms (VIM)” ซึ่งถูกแปลเป็นภาษาไทย ภายใต้ชื่อเอกสาร “ประมวลศัพท์มาตรวิทยา
99 ระหว่างประเทศ - แนวคิดพื้นฐานและแนวคิดทั่วไปพร้อมคำศัพท์ที่เชื่อมสัมพันธ์ (VIM) ได้ให้คำจำกัด
100 ความไว้ว่า

101 *“ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา (Metrological traceability) คือ สมบัติของผลการ*
102 *วัด โดยที่ผลการวัดนั้นสัมพันธ์กับสิ่งอ้างอิงอย่างไม่ขาดช่วงการสอบเทียบที่ได้จัดทำเป็นเอกสารไว้*
103 *โดยการสอบเทียบแต่ละครั้งมีส่วนต่อความไม่แน่นอนการวัด”*

104 2.3 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยามีความสำคัญจึงถูกระบุเป็นข้อกำหนดหนึ่งในมาตรฐาน
105 ISO/IEC 17025 ทำให้ห้องปฏิบัติการต้องจัดทำและคงไว้ซึ่งความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

- 106 3 **หลักการทั่วไปว่าด้วยความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา**
- 107 ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ระบุในข้อ 6.5 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตร
- 108 วิทยา ดังต่อไปนี้
- 109 1) ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดทำและรักษาไว้ซึ่งความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของผล
110 การวัด โดยเอกสารการสอบเทียบต้องไม่ขาดช่วง และมีค่าความไม่แน่นอนของการวัดในแต่ละ
111 ครั้งของการสอบเทียบ
 - 112 2) ห้องปฏิบัติการต้องมั่นใจว่าผลการวัดสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบหน่วย SI ผ่าน
113 วิธีการต่อไปนี้
 - 114 • เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการที่มีความสามารถ หรือ
 - 115 • ใช้ค่ารับรองของวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) จาก
116 ผู้ผลิตที่มีความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบหน่วย SI หรือ
 - 117 • การวิเคราะห์โดยตรงไปยังระบบหน่วย SI โดยการเปรียบเทียบผลทางตรงหรือ
118 ทางอ้อมกับมาตรฐานระดับชาติหรือนานาชาติ
 - 119 3) ในกรณีที่ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบหน่วย SI ทำไม่ได้ทางวิชาการ
120 ห้องปฏิบัติการต้องแสดงความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังการอ้างอิงที่เหมาะสม
121 เช่น
 - 122 • ค่ารับรองของวัสดุอ้างอิงรับรองโดยผู้ผลิตที่มีความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา
 - 123 • ผลที่ได้จากขั้นตอนการวัดอ้างอิง วิธีการหรือมาตรฐานที่ตกลงกัน ที่มีการอธิบายอย่าง
124 ชัดเจน และยอมรับในผลการวัดว่าเหมาะสำหรับการนำมาใช้และมั่นใจว่าการ
125 เปรียบเทียบมีความเหมาะสม
- 126 เมื่อจำเป็นต้องมีความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา นโยบายของ ILAC (International Laboratory
127 Accreditation Cooperation) ตาม ILAC-P10 ได้กล่าวถึงความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาผ่าน
128 เครื่องมือวัด และวัสดุอ้างอิงรับรอง โดยเริ่มจากเครื่องมือวัดที่ใช้ จะต้องถูกสอบเทียบโดย
- 129 1) สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (National Metrology Institute, NMI) และอยู่ภายใต้ขอบเขต
130 ของ International Committee for Weight and Measures Mutual Recognition
131 Arrangement (CIPM MRA) โดยสามารถดูรายการการสอบเทียบต่างๆ ได้จากฐานข้อมูลของ
132 Bureau International des Poids et Mesures (BIPM KCDB) หรือ
 - 133 2) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรอง และขอบเขตการรับรองครอบคลุมการสอบเทียบที่
134 เหมาะสมกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์ โดยหน่วยงานรับรองวิทยฐานะอยู่ภายใต้ข้อตกลง
135 ของ ILAC หรือข้อตกลงระดับภูมิภาคที่ได้รับการยอมรับจาก ILAC หรือ

136 3) NMI ให้บริการสอบเทียบแต่ไม่ได้รับรับรองโดย CIPM MRA ในกรณีนี้ หน่วยรับรองมาตรฐาน
137 จะต้องกำหนดนโยบายเพื่อให้แน่ใจว่าบริการเหล่านั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับ
138 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาใน ISO/IEC 17025 หรือ

139 4) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ไม่ได้รับการรับรองตามข้อตกลง ILAC หรือข้อตกลงระดับภูมิภาคที่
140 ได้รับการยอมรับจาก ILAC ในกรณีนี้ หน่วยรับรองมาตรฐานจะต้องกำหนดนโยบายเพื่อให้
141 แน่ใจว่าบริการเหล่านั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับความสามารถสอบกลับได้ทาง
142 มาตรวิทยาใน ISO/IEC 17025

143 สำหรับความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาผ่านวัสดุอ้างอิงรับรอง ILAC จะถือว่าค่ารับรองหรือค่า
144 แสดงสมบัติ (Certified value หรือ Property value) ของวัสดุอ้างอิงรับรอง มีความสามารถสอบกลับได้
145 ทางมาตรวิทยา ในกรณีดังต่อไปนี้

- 146 1) วัสดุอ้างอิงรับรองผลิตโดย NMI และมีข้อมูลใน BIPM KCDB หรือ
- 147 2) วัสดุอ้างอิงรับรองผลิตโดย Reference material producer (RMP) ที่ได้รับการรับรองและ
148 หน่วยงานรับรองระบบงานนั้นอยู่ภายใต้ข้อตกลงของ ILAC หรือข้อตกลงระดับภูมิภาคที่ได้รับการ
149 การยอมรับจาก ILAC หรือ
- 150 3) ค่าอ้างอิงรับรองของวัสดุอ้างอิงรับรอง อยู่ในฐานข้อมูลของ Joint Committee for
151 Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) หรือ
- 152 4) หากไม่สามารถทำให้ผลการวัดสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบหน่วย SI จะเป็นความ
153 รับผิดชอบของหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง (Accredited Organization) ที่จะเลือกวิธีเพื่อให้
154 เกิดความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาโดยใช้ค่าอ้างอิงรับรองของวัสดุอ้างอิงรับรอง ซึ่ง
155 ผลิตโดยผู้ผลิตที่มีความสามารถ หรือมีการจัดทำเอกสารซึ่งมีการเปรียบเทียบที่เหมาะสมกับ
156 วิธีดำเนินการวัดมาตรฐาน ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบที่เหมาะสมเพื่ออ้างอิงขั้นตอนการวัด
157 วิธีการที่ระบุ หรือมาตรฐานที่เป็นเอกฉันท์ที่อธิบายไว้อย่างชัดเจนและได้รับการยอมรับว่า
158 ให้ผลการวัดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามวัตถุประสงค์ หลักฐานของการเปรียบเทียบนี้
159 จะต้องได้รับการประเมินโดยหน่วยรับรองระบบงาน (Accreditation Body)

160 เมื่อความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบหน่วย SI เพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสม การสร้าง
161 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาให้เกิดขึ้น จะต้องกำหนดสิ่งที่เจตนาวัดให้ชัดเจน และเปรียบเทียบ
162 ผลการวัดกับสิ่งอ้างอิงอย่างเหมาะสม การเปรียบเทียบจะทำให้มั่นใจว่าวิธีดำเนินการวัดได้รับการสอบความ
163 ใช้ได้ และ/หรือการทวนสอบอย่างเหมาะสม เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบและเงื่อนไขการวัด (เช่น
164 สภาวะแวดล้อม) อยู่ภายใต้การควบคุมที่เพียงพอเพื่อให้ได้ผลการวัดที่เชื่อถือได้

165 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา มีคำอธิบาย ดังนี้

166

167

168

3.1 แนวคิดและบริบทที่เกี่ยวข้อง

169

170

171

172

173

174

175

176

177

การประกันคุณภาพ (Quality assurance: QA) เป็นการดำเนินกิจกรรมบริหารคุณภาพมุ่งทำให้เกิดความมั่นใจว่าจะบรรลุข้อกำหนดทางด้านคุณภาพ การประกันคุณภาพด้านเคมี จะทำให้มั่นใจในผลการวัด ทำให้ผลการวัดมีความถูกต้อง ทำให้ผลการทดสอบทางห้องปฏิบัติการมีคุณภาพได้มาตรฐาน องค์ประกอบที่สำคัญของการประกันคุณภาพของการวัดด้านเคมี จะต้องอาศัย บุคลากรมีความสามารถและความชำนาญ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การใช้เครื่องอุปกรณ์ ที่ได้รับการสอบเทียบและการบำรุงรักษา การใช้วิธีการวัด ที่ผ่านการสอบความใช้ได้หรือทวนสอบความถูกต้องแล้ว (Method validation/verification) การควบคุมคุณภาพ (Quality control, QC) การประเมินค่าความไม่แน่นอนการวัด และความสามารถสลับได้ทางมาตรวิทยา ซึ่งภาพรวมของการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ คือ การปฏิบัติตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO/IEC 17025 นั้นเอง

178

179

180

การประกันคุณภาพจะช่วยให้ลดความผิดพลาดของการทำงานในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และสามารถสร้างความน่าเชื่อถือในกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบให้แก่ผู้รับบริการหรือลูกค้าได้

181

182

183

เอกสารฉบับนี้ จะเน้นถึงองค์ประกอบการประกันคุณภาพสำหรับห้องปฏิบัติการเคมี เช่น การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีอิทธิพลต่อผลการวัด เพื่อให้แต่ละห้องปฏิบัติการเคมีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมต่อไป

184

3.2 สิ่งที่เจตนาวัด วิธีดำเนินการ วิธีการวัด และผลการวัด

185

3.2.1 สิ่งที่เจตนาวัด (measurand)

186

187

188

189

190

สิ่งที่เจตนาวัด คือ “ปริมาณที่ตั้งใจจะวัด” เช่น มวล ปริมาตร หรือความเข้มข้น ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดปริมาณที่จะวัดให้ชัดเจน เช่น ปริมาตรถูกระบุสำหรับอุณหภูมิเฉพาะ และความเข้มข้นใช้กับสารที่วิเคราะห์และชนิดสารที่มีความเฉพาะเจาะจง บางครั้งมีการกำหนดสิ่งที่เจตนาวัดตามวิธีที่ใช้ เช่น “ตะกั่วที่สกัดได้” โดยอ้างอิงข้อมูลจำเพาะของเงื่อนไขการสกัด

191

3.2.2 วิธีดำเนินการวัด (measurement procedure)

192

193

194

195

196

วิธีดำเนินการวัด คือ “คำบรรยายลักษณะอย่างละเอียดของการวัดที่เป็นไปตามหลักการวัดหนึ่ง หรือมากกว่า และวิธีการวัดที่ตั้งอยู่บนฐานของแบบจำลองการวัด และรวมถึงการคำนวณใด ๆ เพื่อให้ได้ผลการวัด” มีวัตถุประสงค์เพื่อการประมาณค่าของสิ่งที่เจตนาวัด ขั้นตอนต่างๆ ได้รับการพัฒนา ยอมรับ และจัดทำเป็นเอกสารเพื่อให้มีการประมาณค่าที่เชื่อถือได้ และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน

197

3.2.3 วิธีการวัด (measurement method)

198

199

วิธีการวัด คือ “คำบรรยายลักษณะโดยทั่วไปของการจัดการอย่างมีตรรกะของการดำเนินการในการวัด” วิธีการวัด แบ่งตามลักษณะของวิธีวัด ได้ดังนี้

- Empirical method หรือ Defining method หมายถึง วิธีทดสอบที่ผลการทดสอบขึ้นอยู่กับวิธีการที่กำหนดในวิธีทดสอบนั้น (Method-dependent result) ห้ามดัดแปลง โดยผลการทดสอบจะสอบกลับไปที่วิธีการทดสอบ (Traceable to the method) แต่ไม่สามารถสอบกลับถึงระบบหน่วย SI
- Rational method หรือ Non-defining method หมายถึง วิธีทดสอบที่ผลการทดสอบไม่ขึ้นกับวิธีการที่กำหนดในวิธีทดสอบนั้น (Method-independent result) นั่นคือ การใช้วิธีทดสอบต่างกัน (ซึ่งวิธีทดสอบต้องผ่านการสอบความใช้ได้ของวิธีแล้ว) จะให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างกัน และผลการทดสอบจะสอบกลับถึงระบบหน่วยระหว่างประเทศโดยตรง โดยผ่านการสอบเทียบเครื่องมือ หรือผ่านทางวัสดุอ้างอิงรับรอง

3.2.4 ผลการวัด (measurement result)

ผลการวัด คือ “ชุดของค่าปริมาณที่ถือได้ว่าเป็นตัวแทนของสิ่งที่เจตนาวัด พร้อมด้วยข้อมูลเกี่ยวข้องอื่นใดที่ปรากฏ” เป็นค่าของสิ่งที่เจตนาวัด โดยใช้วิธีการวัดที่มีขั้นตอนที่เหมาะสม ผลการวัดจะมีความไม่แน่นอนและความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาร่วมด้วย

3.3 การวัด หน่วยการวัด มาตราการวัด มาตรฐานการวัด และระบบปริมาณระหว่างประเทศ

3.3.1 การวัด (measurement)

การวัด คือ “กระบวนการทางการทดลองที่ได้ผลเป็นค่าปริมาณค่าหนึ่งหรือมากกว่า โดยค่านี้สามารถเป็นตัวแทนของปริมาณหนึ่งได้อย่างสมเหตุสมผล”

3.3.2 หน่วยการวัด (measurement unit)

หน่วยการวัด คือ “ปริมาณสเกลาร์จริงที่ยอมรับตามสัญญา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณอื่นชนิดเดียวกันจะแสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณทั้งสองด้วยตัวเลขตัวหนึ่ง” การเปรียบเทียบที่มีความหมายระหว่างผลการวัดจะทำได้ก็ต่อเมื่อผลการวัดนั้นแสดงเป็นหน่วยเดียวกัน สิ่งนี้ทำได้โดยการอ้างผลการวัดเป็นทวิคูณของหน่วยที่กำหนด เช่น มวล 2.1 กิโลกรัม มีมวลเท่ากับ 2.1 คูณมวลของกิโลกรัมระหว่างประเทศ มวลของกิโลกรัมระหว่างประเทศคือ 'หน่วยของมวล' เห็นได้ชัดว่า เพื่อแสดงมวลหนึ่งเป็นทวิคูณของอีกมวลหนึ่ง มวลทั้งสองต้องนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบมวลทั้งหมดกับกิโลกรัมระหว่างประเทศได้ การเปรียบเทียบนี้จึงทำโดยอ้อมผ่านมาตรฐานการวัดซึ่งจะมีการสอบเทียบหรือสอบกลับได้กับมาตรฐานอื่นๆ สร้างห่วงโซ่ของการเปรียบเทียบที่นำไปสู่หน่วยหลักที่เกี่ยวข้องและเข้าถึงหน่วยการวัดที่สอดคล้องกันด้วยวิธีการมาตรฐานการวัด

หมายเหตุ: หน่วยการวัดทางเคมี เช่น mg/kg เป็นหน่วยที่ใช้ในการรายงานค่าปริมาณของสิ่งที่เจตนาวัดต่อน้ำหนัก

232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261

3.3.3 มาตราการวัด (measurement scale)

มาตราการวัด คือ “ชุดของค่าปริมาณที่มีการจัดลำดับของชนิดของปริมาณที่กำหนด ซึ่งใช้ในการจัดลำดับตามขนาดของปริมาณชนิดนั้น ๆ” มาตราการวัดเป็นวิธีการที่ตกลงกันในการใช้หน่วยการวัดและการกำหนดจุดกำเนิด (จุด 'ศูนย์') มวล ความยาวและความเข้มข้นจะแสดงโดยใช้เส้นตรง

3.3.4 มาตรฐานการวัด (measurement standard)

มาตรฐานการวัด คือ “การทำให้ประจักษ์ในนิยามของปริมาณที่กำหนด พร้อมกับค่าปริมาณที่ระบุและความไม่แน่นอนการวัดที่เชื่อมสัมพันธ์กัน และนำมาใช้เป็นสิ่งอ้างอิง” มาตรฐานการวัด เช่น มาตรฐานการวัดมวล 1 kg มีความไม่แน่นอนการวัดมาตรฐานขนาด 3 μg หรือขั้วไฟฟ้าอ้างอิงไฮโดรเจนมีค่าปริมาณตามที่กำหนดเท่ากับ 7.072 และความไม่แน่นอนการวัดมาตรฐานขนาด 0.006 การทำให้ประจักษ์ในนิยามของปริมาณที่กำหนด ได้จากระบบวัด วัสดุวัด หรือวัสดุอ้างอิง

3.3.5 ระบบปริมาณระหว่างประเทศ (International System of Quantities, ISQ)

ระบบปริมาณระหว่างประเทศ คือ “ระบบปริมาณซึ่งมีปริมาณฐานทั้งเจ็ดเป็นฐาน ได้แก่ ความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิอุณหพลวัต ปริมาณสาร และความเข้มข้นการส่องสว่าง”

3.3.6 ระบบหน่วยระหว่างประเทศ (International System of Units, SI)

ระบบหน่วยระหว่างประเทศ คือ “ระบบหน่วยตามระบบปริมาณระหว่างประเทศ ชื่อและสัญลักษณ์ รวมทั้งอนุกรมของคำนำหน้าชื่อหน่วยและสัญลักษณ์ของคำนำหน้าหน่วย ตลอดจนกฎในการใช้ ได้รับการยอมรับจากการประชุมทั่วไปว่าด้วยการชั่งตวงวัด (ซีจีพีเอ็ม)” ระบบหน่วย SI มีที่มาจากปริมาณฐาน 7 ปริมาณ หน่วยฐานซึ่งประกอบด้วยชื่อและสัญลักษณ์ที่สมนัยกับปริมาณฐานเหล่านั้นปรากฏอยู่ในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ระบบหน่วยระหว่างประเทศ

ปริมาณฐาน ชื่อ	หน่วยฐาน	
	ชื่อ	สัญลักษณ์
ความยาว (length)	เมตร (metre)	m
มวล (mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา (time)	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า (electric current)	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิจุดหลอม (thermodynamic temperature)	เคลวิน (kelvin)	K
ปริมาณสาร (amount of substance)	โมล (mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity)	แคนเดลา (candela)	cd

263

264

หน่วยฐานที่สำคัญสำหรับการวัดทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 3-2

265

ตารางที่ 3-2 ปริมาณฐานและหน่วยฐานทั่วไปในการวัดทางเคมี

ปริมาณฐาน	หน่วยฐาน
สัดส่วนโมล (molar fraction)	โมล/โมล (mol/mol), %
สัดส่วนมวล (mass fraction)	กก./กก. (kg/kg), %
สัดส่วนปริมาตร (volume fraction)	ลบ.ม./ลบ.ม. (m^3/m^3), %
ความเข้มข้นโดยโมล (molar concentration)	โมล/ลบ.ม. (mol/m^3)
ความเข้มข้นโดยมวล (mass concentration)	กก./ลบ.ม. (kg/m^3)
ความเข้มข้นโดยปริมาตร (volume concentration)	ลบ.ม./ลบ.ม. (m^3/m^3)
โมแลลิตี (molality)	โมล/กก. (mol/kg)
พีเอช (pH)	1 (negative logarithm of hydrogen ion activity)
การทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity)	คาทาล (katal, mol/s), U หรือ IU ($\mu mol/min$)

266

267 **3.4 การสอบเทียบ**

268 การสอบเทียบ คือ “การปฏิบัติงานภายใต้เงื่อนไขที่ระบุ ซึ่งในขั้นแรกสร้างความสัมพันธ์
269 ระหว่างค่าปริมาณกับความไม่แน่นอนการวัดที่ได้จากมาตรฐานการวัด และค่าบ่งชี้ที่สมนัยกับความ
270 ไม่แน่นอนการวัดที่เชื่อมสัมพันธ์ค่าบ่งชี้ นั้น และในขั้นที่ 2 จะใช้สารสนเทศดังกล่าวสร้าง
271 ความสัมพันธ์เพื่อให้ได้ผลการวัดจากค่าบ่งชี้”

272 การสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในระบบการวัด (Measuring system) อาจจะสอบเทียบแบบ
273 แยกส่วน เช่น การสอบเทียบเครื่องชั่ง การสอบเทียบเครื่องวัดปริมาตร สำหรับเครื่องมือหลักที่ใช้ใน
274 การวัด เช่น High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Inductively Coupled
275 Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) จะทำการสอบเทียบโดยการสร้างกราฟมาตรฐานด้วยสาร
276 บริสุทธิ์สูง (Pure chemical calibrator) ในบางกรณี วัสดุอ้างอิงเมทริกซ์สามารถนำมาใช้ในการ
277 สอบเทียบเครื่องมือหลักที่ใช้ในการวัด เช่น Spark emission spectrometer

278 ผลการสอบเทียบยังคงใช้ได้ตราบเท่าที่เครื่องมือมีความเสถียร ในทางปฏิบัติ ห้องปฏิบัติการ
279 จะต้องกำหนดแผน ช่วงการสอบเทียบ และการตรวจสอบระหว่างใช้งาน โดยมีการควบคุมคุณภาพที่
280 เหมาะสม และช่วงเวลาการสอบเทียบใหม่จะต้องสะท้อนถึงความเสถียรที่ยอมรับได้

281 **3.5 ผลกระทบต่อผลการวัด**

282 การวัดใด ๆ สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นการตัดสินใจตั้งแต่หนึ่งข้อขึ้นไปเพื่อให้ผลการวัดอยู่
283 ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น การวิเคราะห์สารปนเปื้อนในตัวอย่างดิน เกี่ยวข้องกับการกำหนด
284 ปริมาณของมวลของตัวอย่างดินที่ใช้และความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่วิเคราะห์ในปริมาตรของ
285 สารละลายที่วัดได้จากการสกัดจากตัวอย่าง พารามิเตอร์ทั้งหมดนี้มีคุณสมบัติตามเงื่อนไขการวัด
286 เช่น มวลถูกกำหนดโดยการชั่งน้ำหนัก ไม่ว่าจะในอากาศ (“มวลทั่วไป”) หรือในสุญญากาศ ปริมาณ
287 โดยทั่วไปจะใช้เป็น “ปริมาณที่ 20°C” ไม่ว่าจะเป็นการสกัดทั้งหมดหรือบางส่วน สภาวะการสกัด
288 โดยทั่วไปกำหนดไว้ในแง่ของเวลาที่ใช้สกัด ชนิดของตัวทำละลาย และอุณหภูมิที่ใช้ ซึ่งมวล ความ
289 เข้มข้นและปริมาตรอาจแตกต่างกันไปในแต่ละการวัด เช่น ตัวอย่างที่มีปริมาณต่างกัน นับเป็น 'ตัว
290 แปร (variable)' ในการคำนวณผลการวัดสุดท้าย

291 สำหรับขั้นตอนการวัด หากเงื่อนไขที่เปลี่ยนไป จะส่งผลต่อค่าของผลการวัด เช่น หาก
292 เงื่อนไขการสกัดเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากจากที่ระบุไว้ จะส่งผลให้ผลการวัดที่ได้ไม่ถูกต้อง

293 **3.6 การควบคุมสถานะคงที่ (controlling fixed conditions)**

294 หากนักวิเคราะห์สองคนต้องการค่าที่อ่านได้เท่ากันสำหรับการวัดหนึ่งๆ วิธีที่ง่ายที่สุดคือ ใช้
295 เครื่องมือวัดเดียวกัน ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ดิน หากเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็นสิ่งสำคัญ
296 นักวิเคราะห์สองคนสามารถใช้นาฬิกาเรือนเดียวกันเพื่อกำหนดเวลาการสกัด ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า
297 ผลการวิเคราะห์ สามารถสอบกลับไปยังเวลาได้โดยผ่านนาฬิกาเรือนดังกล่าว แต่ในความเป็นจริง
298 นักวิเคราะห์หลายคนจากหลายห้องปฏิบัติการ ไม่สามารถใช้นาฬิกาเรือนเดียวกันในเวลาและสถานที่
299 ต่างกัน สิ่งที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ คือ ชุดของนาฬิกาที่แสดงเวลาเดียวกันทั้งหมด โดยนาฬิกา

300 ทั้งหมดได้เทียบกับนาฬิกาหลักและแสดงให้เห็นว่าได้ระบุช่วงเวลาเดียวกันหรือแก้ไขเพื่อให้อนุมาณ
301 ช่วงเวลาที่ถูกต้องได้จากการอ่านค่าของนาฬิกาแต่ละครั้ง (นี่คือ “การปรับเทียบ” กับนาฬิกาหลัก)
302 นักวิเคราะห์แต่ละคนใช้นาฬิกาของตนเองในการสร้างเวลาที่ใช้สกัดที่เท่ากัน ผลการวัดของ
303 นักวิเคราะห์แต่ละคนสามารถสอบกลับได้ตามช่วงเวลาของนาฬิกาของตนเอง สิ่งนี้นำมาซึ่ง
304 ความสามารถสอบกลับได้ถึงมาตรฐานการวัดที่ช่วยให้ห้องปฏิบัติการได้รับเงื่อนไขคงที่ที่จำเป็น
305 สำหรับการวัดชุดเดียวกัน

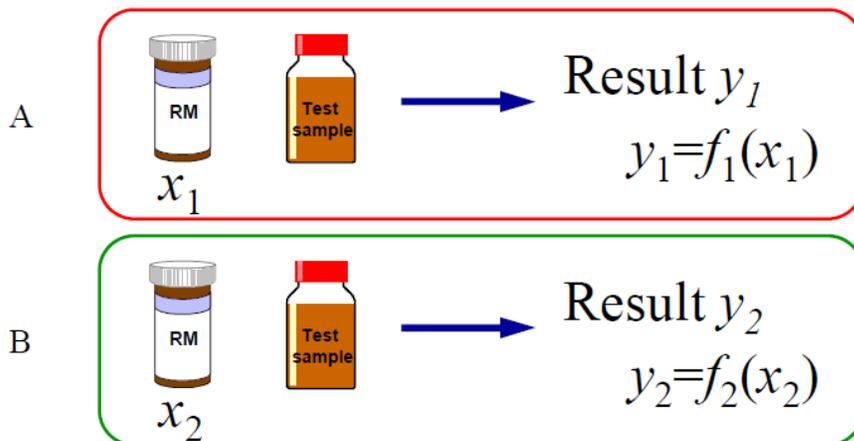
3.7 การควบคุมตัวแปรด้วยมาตรฐานการสอบเทียบ

307 พิจารณาห้องปฏิบัติการสองแห่ง คือ ห้องปฏิบัติการ A และ ห้องปฏิบัติการ B ซึ่งดำเนินการ
308 ตรวจวัดตัวอย่างประเภทเดียวกัน แต่ละห้องปฏิบัติการสอบเทียบอุปกรณ์ของตนเองโดยใช้มาตรฐาน
309 การวัดที่ต่างกัน (x_1 และ x_2 ตามลำดับ) จากนั้นคำนวณผลการวัด (y_1 และ y_2 ตามลำดับ) ในกรณีนี้
310 ผลการวัด y เป็นฟังก์ชันของค่าอ้างอิง x และได้มาพร้อมกับหน่วยของการวัด นั่นคือ ผลการวัด y_1
311 สอบกลับได้ไปยังมาตรฐานการวัด x_1 และผลการวัด y_2 สอบกลับได้ไปยังมาตรฐานการวัด x_2

312 คำถามที่สำคัญคือความสัมพันธ์ระหว่าง y_1 และ y_2 ค่าของ y_1 และ y_2 ที่ต่างกัน ต่างกัน
313 จริงๆ หรือต่างกันเพราะการอ้างอิงที่ต่างกัน (x_1 และ x_2) ด้วยสถานะตอนนี้ ไม่สามารถเขียนสมการ
314 ทางคณิตศาสตร์ที่จะแสดงความสัมพันธ์ของ y_1 กับ y_2 ได้ ดังแสดงในรูปภาพที่ 3-1

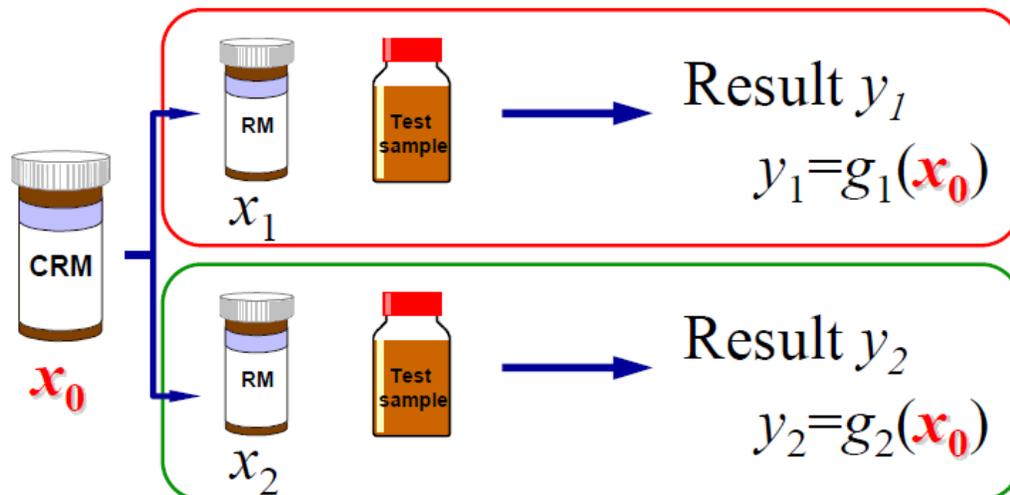
315 อย่างไรก็ตาม หากมาตรฐานการวัดทั้งสอง (x_1 และ x_2) ได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐาน
316 อ้างอิง x_0 การเปรียบเทียบผลการวัด (y_1 และ y_2) จะเกิดขึ้นได้ สามารถสอบย้อนกลับไปยัง
317 มาตรฐานอ้างอิง x_0 และทำให้ผลการวัดทั้งสองมีความสอดคล้องของหน่วยวัดเดียวกัน โดยการสอบ
318 กลับได้ไม่ได้ทำให้ได้ผลการวัดที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปภาพที่ 3-2

319 จากตัวอย่างเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อผลการวัดถูกคำนวณจากค่าอ้างอิง จะสามารถ
320 สอบกลับได้ถึงค่านั้น และความสามารถสอบกลับได้ไปทั่วอ้างอิงทั่วไปทำให้ผลการวัดสามารถ
321 เปรียบเทียบกันได้



รูปภาพที่ 3-1

(ที่มา: EURACHEM/CITAC. Metrological Traceability in Chemical Measurement, 2019)



รูปภาพที่ 3-2

(ที่มา: EURACHEM/CITAC. Metrological Traceability in Chemical Measurement, 2019)

ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังสิ่งอ้างอิงที่เหมาะสม เช่น วัสดุอ้างอิงรับรอง (Pure substance CRM หรือ Standard solution CRM) เป็นหนึ่งทางเลือกที่นิยมใช้ในการวัดทางเคมี ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในภายหลัง

3.8 บทบาทของการพัฒนาวิธีการวัด

โดยทั่วไป การพัฒนาวิธีการวัดจะจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure) ซึ่งจะระบุคำแนะนำสำหรับการดำเนินการวัด เงื่อนไขการวัดที่กำหนดค่าของพารามิเตอร์ที่ต้องคงที่ และสมการที่ใช้คำนวณผลการวัด หากค่าของพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังค่าอ้างอิง ผลการวัดที่ได้จะสอดคล้องกัน

3.9 บทบาทของการสอบความใช้ได้ของวิธีวัด

การสอบความใช้ได้ คือ “การทวนสอบ เมื่อข้อกำหนดที่ต้องการที่ระบุเพียงพอสำหรับการนำไปใช้งานตามที่ตั้งใจไว้”

ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ระบุในข้อ 7.2.2 การสอบความใช้ได้ของวิธี เมื่อห้องปฏิบัติการใช้วิธีการทดสอบที่ไม่ใช่วิธีมาตรฐาน วิธีที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาเอง วิธีมาตรฐานแต่ใช้นอกขอบเขตที่กำหนด เป็นต้น โดยการสอบความใช้ได้ของวิธีต้องครอบคลุมขอบเขตตามความจำเป็น เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

การสอบความใช้ได้ของวิธีวัด หากพบผลกระทบ จะต้องมีการแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งทำได้ใน 3 รูปแบบ

- 346 1) การกำจัดผลกระทบ เช่น การเปลี่ยนสภาวะการย่อยเพื่อกำจัดตะกอนในการวิเคราะห์
347 ธาตุ
- 348 2) ลดความแปรปรวนที่เกิดจากผลกระทบโดยการเพิ่มหรือลดช่วงการควบคุม เช่น ต้อง
349 ระบุอุณหภูมิการทำงานหรือช่วงอุณหภูมิเฉพาะเพื่อลดความแปรปรวน
- 350 3) แก้ไขผลกระทบโดยนำไปรวมในการคำนวณผลการวัด

351 จะเห็นว่า ข้อ 2) และ 3) เป็นการเปลี่ยนหรือเพิ่มตัวแปรเข้าสู่การวัด จึงต้องคำนึงถึง
352 ความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาด้วย

353 ในทางกลับกัน ความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาหากไม่พบผลกระทบที่มีนัยสำคัญ
354 วิธีการวัดจะถูกนำไปใช้ โดยสมการและข้อกำหนดของเงื่อนไขการวัด หากปัจจัยที่ระบุทั้งหมด
355 สามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาโดยการอ้างอิงที่เหมาะสม ขั้นตอนนี้อาจจะทำให้ผลการวัดที่
356 สอดคล้องกัน

357 บทบาทของการสอบความใช้ได้ของวิธีวัดในการจัดทำความสามารถสอกลับได้ทางมาตร
358 วิทยา จะแสดงให้เห็นว่า วิธีการวัดมีการกำหนดขั้นตอนไว้อย่างดีเพียงพอและรวมความสามารถสอ
359 กลับได้ทางมาตรวิทยาที่จำเป็นทั้งหมดไว้แล้ว

360 3.10 ความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาและความไม่แน่นอนการวัด

361 จากตัวอย่างในข้อ 3.6 หากนำผลการวัดจากห้องปฏิบัติการทั้ง 2 แห่งมาเปรียบเทียบกับ
362 และต้องการตัดสินใจด้วยความมั่นใจว่า ผลการวัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ข้อมูลที่
363 จำเป็นต้องมี คือ ความไม่แน่นอนการวัดของผลการวัดนั้น

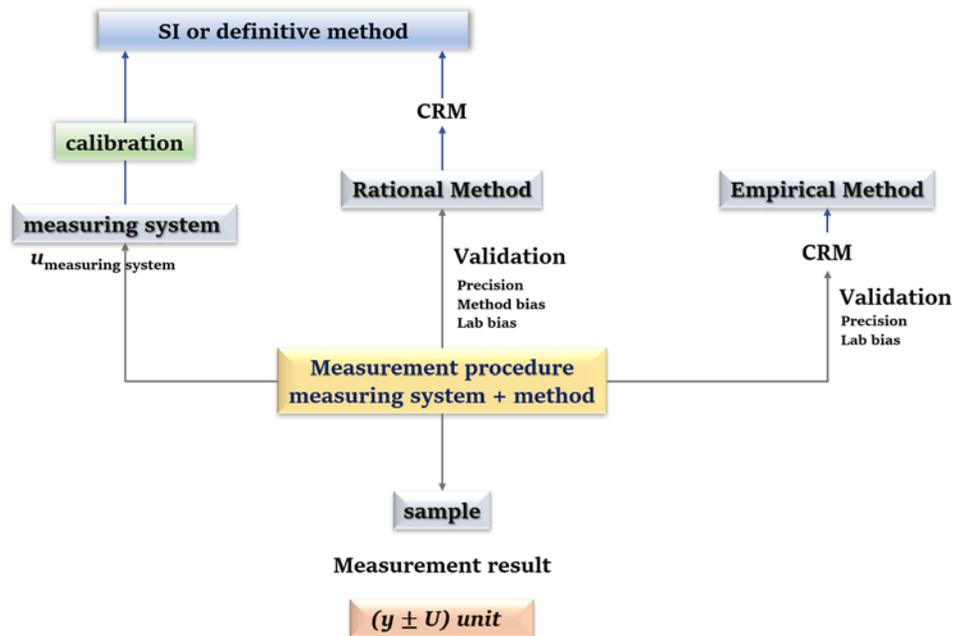
364 ความไม่แน่นอนการวัด (Measurement uncertainty) คือ “ตัวแปรเสริมที่ไม่มีค่าเป็นลบ
365 ซึ่งใช้บ่งบอกลักษณะเฉพาะของการกระจายของค่าปริมาณของสิ่งที่เจตนาวัด ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้”

366 การประเมินความไม่แน่นอนการวัด ต้องรวมถึงปัจจัยที่มีนัยสำคัญทั้งหมด เช่น พารามิเตอร์
367 ที่ใช้ในการคำนวณ วัสดุอ้างอิงที่ใช้ วิธีการวัด ปัจจัยเหล่านี้ต้องนำมาพิจารณาโดยใช้วิธีวิเคราะห์ที่
368 เหมาะสม

369 3.11 ห่วงโซ่ความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยา

370 ห่วงโซ่ความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยา (Metrological traceability chain) คือ
371 “ลำดับของมาตรฐานการวัดและการสอบเทียบที่ใช้เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดกับสิ่ง
372 อ้างอิง”

373 ห่วงโซ่ของความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาจะต้องมีการจัดทำลำดับขั้นการสอบเทียบ
374 ล่วงหน้าก่อนที่จะเริ่มดำเนินการวัด ซึ่งความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาของผลการวัดและห่วงโซ่ของ
375 ความสามารถสอกลับได้ทางมาตรวิทยาจะเชื่อมโยงผลการวัดไปยังตัวอ้างอิงทางมาตรวิทยา ดังแสดงใน
376 รูปภาพที่ 3-3



377

378

รูปภาพที่ 3-3 ความสอดคล้องได้ของการวัดไปยังสิ่งอ้างอิงทางมาตรวิทยา (Metrological Reference)

379

380

ผลการวัดที่รายงาน หากพิจารณาถึงความสามารถสอดคล้องได้ทางมาตรวิทยาของการวัดทางด้านเคมี มาตรฐานการวัด สามารถพิจารณาได้เป็น 2 ส่วนคือ ระบบเครื่องมือวัด และวิธีดำเนินการวัด

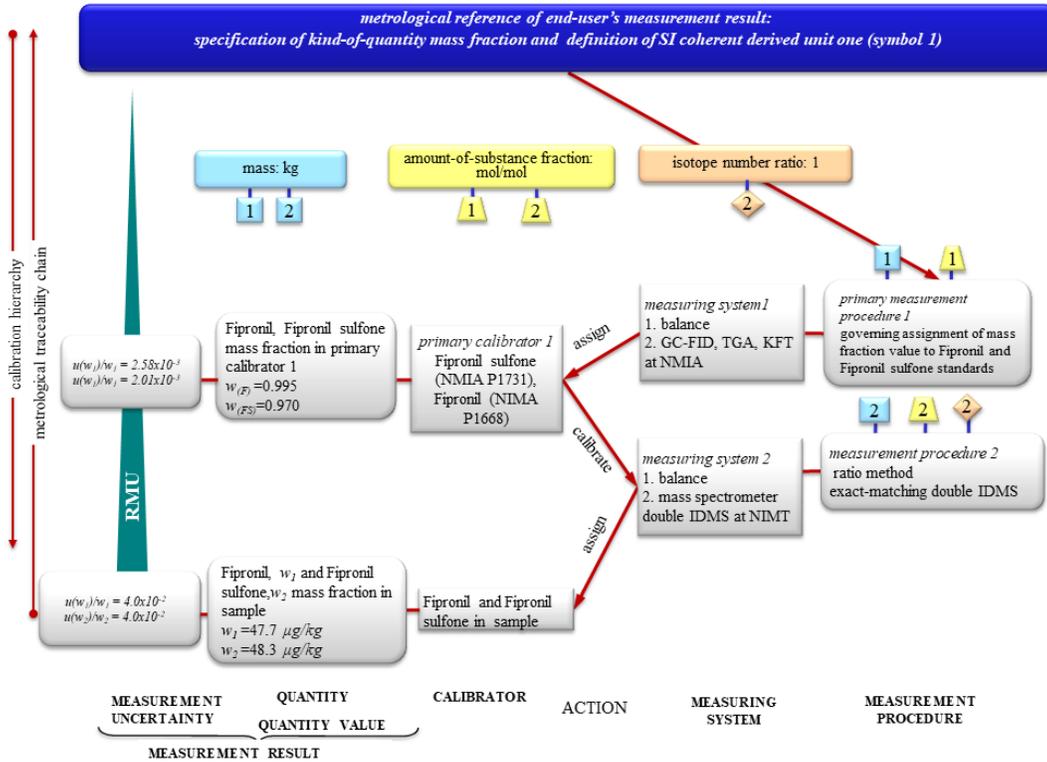
383

ระบบเครื่องมือวัด ต้องได้รับการสอบเทียบด้วยวัสดุอ้างอิงที่เป็นสารบริสุทธิ์ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า สารละลายมาตรฐาน (Standard solution) ซึ่งทำให้ทราบค่าความไม่แน่นอนของระบบการวัด ($u_{\text{measuring system}}$) หรือเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวัดต้องได้รับการสอบเทียบจากผู้ให้บริการสอบเทียบที่มีความสามารถสอดคล้องได้ทางมาตรวิทยา

387

วิธีการวัด ผ่านการทำการสอบความใช้ได้ของวิธี ด้วยการใช่วัสดุอ้างอิงรับรองที่เป็นตัวกลางเดียวกับตัวกลางของตัวอย่างที่ต้องการวัด หรือที่รู้จักกันว่า Matrix CRM เพื่อระบุค่าความไม่แน่นอนของวิธีการวัด (u_{method})

390



391

392

รูปภาพที่ 3-4 ตัวอย่างห่วงโซ่การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาเคมี

393

394

395

396

397

398

399

แผนภาพในรูปภาพที่ 3-4 จุดสูงสุดของห่วงโซ่ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา จะเป็นการระบุสิ่งที่เจตนาจะวัดอย่างชัดเจน และอธิบายที่มาของค่าปริมาณซึ่งอาจจะมีหนึ่งปริมาณหรือมากกว่า ถัดลงมาจะมีการใส่เส้นเพิ่มเติมที่กำหนดโดยหมายเลขซึ่งหมายถึงระดับของลำดับชั้นที่เชื่อมโยงกระบวนการวัดที่เกี่ยวข้อง และรูปทรงต่างๆ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม จะหมายถึงตัวอ้างอิง หรือหน่วยการวัดที่เกี่ยวข้องในแต่ละระบบการวัดใดๆ เช่น ในกระบวนการวัดที่ 1 (primary measurement procedure 1) มีหน่วยการวัดที่เกี่ยวข้องคือ kg และ mol/mol

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

ตัวสอบเทียบ (calibrator) ใช้สำหรับการสอบเทียบระบบเครื่องมือวัด (measuring system) โดยในแต่ละ ระบบเครื่องมือวัดจะประกอบด้วย เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ในระบบเครื่องมือวัดที่ 1 (measuring system 1) ประกอบด้วยเครื่องชั่ง เครื่อง Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) Thermogravimetric Analyzer (TGA) และ Karl Fischer Titrator (KFT) เพื่อใช้ในการประเมินความบริสุทธิ์ของสารซึ่งดำเนินการโดย สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติออสเตรเลีย (National Measurement Institute, NMIA) ในการสอบเทียบนั้นจะเป็นการวัดโดยใช้วิธีดำเนินการวัด ทำให้ได้ค่าปริมาณ (quantity value) และค่าความไม่แน่นอนการวัด ซึ่งจะถ่ายทอดค่า (assign) ให้กับตัวสอบเทียบลำดับถัดไป และตัวสอบเทียบลำดับนั้นจะไปสอบเทียบระบบเครื่องมือในระดับล่างลงมา จนถึงผู้เอาไปใช้งานสุดท้าย ซึ่งกิจกรรมของการถ่ายทอดค่า (assign) และการสอบเทียบ (calibration) จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ขาดสาย ค่าความไม่แน่นอน

410 การวัดสัมพัทธ์ (relative measurement uncertainty) ที่เกี่ยวข้องกับค่าปริมาณ ซึ่งติดมากับตัว
411 สอบเทียบลำดับถัดลงมานั้นจะมีขนาดเพิ่มขึ้นและมีมากกว่าค่าความไม่แน่นอนการวัดสัมพัทธ์ของตัว
412 สอบเทียบก่อนหน้านั้น และจะมีขนาดเล็กกว่าตัวสอบเทียบลำดับถัดไป ค่าความไม่แน่นอนของการวัด
413 สัมพัทธ์จะมากขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงของผลการวัดขั้นสุดท้าย

414

415 4 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

416 จากที่กล่าวไปแล้ว ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา คือ “สมบัติของผลการวัด โดยที่ผลการ
417 วัดนั้นสัมพันธ์กับสิ่งอ้างอิงอย่างไม่ขาดช่วงการสอบเทียบที่ได้จัดทำเป็นเอกสารไว้ โดยการสอบเทียบแต่ละ
418 ครั้งมีส่วนต่อความไม่แน่นอนการวัด”

419 สมบัติของผลการวัด หมายถึงค่าอ้างอิงรับรอง (Certified value) ในวัสดุอ้างอิงรับรอง และที่
420 ขาดไม่ได้ คือ การสอบเทียบ (อ้างอิงข้อ 3.3)

421 สิ่งอ้างอิงทางมาตรวิทยา (Metrological reference) ได้แก่

- 422 1) หน่วยการวัดที่ยอมรับ คือ ระบบหน่วย SI ซึ่งในทางเคมี คือ โมล กิโลกรัม หรือหน่วย
423 อนุพันธ์ของระบบหน่วย SI เช่น ปริมาตร
- 424 2) ค่าอ้างอิงรับรองของวัสดุอ้างอิงรับรอง (CRM)
- 425 3) ผลการวัดที่ได้จากวิธีดำเนินการวัดอ้างอิง เช่น ผลการวัด Crude fiber ตาม ISO 6865

426

427 5 การสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

428 5.1 กิจกรรมสำคัญในการสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

429 กิจกรรมที่สำคัญในการสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา มีดังนี้

430 1.1.1.การระบุสิ่งที่เจตนาวัด ขอบเขตของการวัด และความไม่แน่นอนการวัดเป้าหมาย
431 (Target measurement uncertainty)

432 1.1.2.การเลือกวิธีวัดที่เหมาะสมในการประมาณค่า หมายถึงรวมถึง วิธีดำเนินการวัด พร้อมการ
433 คำนวณที่เกี่ยวข้อง และเงื่อนไขการวัด

434 1.1.3.การแสดงให้เห็นผ่านการสอบความใช้ได้/การทวนสอบวิธีวัด ว่าเงื่อนไขการคำนวณและ
435 เงื่อนไขการวัด ได้รวมปริมาณที่มีอิทธิพลทั้งหมด ที่ส่งผลกระทบต่อผลการวัดหรือค่าที่
436 กำหนดให้กับมาตรฐานหรือไม่

437 1.1.4.การระบุความสำคัญที่เกี่ยวข้องของแต่ละปริมาณที่มีอิทธิพล

438 1.1.5.การเลือกและการใช้มาตรฐานการวัดที่เหมาะสม

439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469

1.1.6.การประเมินค่าความไม่แน่นอน

กิจกรรมข้างต้นเพียงพอสำหรับการอ้างถึงความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของผลการวัดบนสมมติฐานที่ว่า มีการใช้มาตรการประกันคุณภาพ เช่น การฝึกอบรมพนักงาน การควบคุมคุณภาพการวัด เป็นต้น

5.2 การระบุสิ่งที่เจตนาวัดและความไม่แน่นอนที่ต้องการ

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง สามารถแสดงเป็นตัวอย่างได้ดังนี้

- 1) สิ่งที่เจตนาวัด ต้องมีการระบุสิ่งที่เจตนาวัดให้ชัดเจน ว่า วัดในเชิงคุณภาพ หรือเชิงปริมาณ และการวัดนั้นขึ้นกับวิธีหรือไม่ เช่น การหาปริมาณตะกั่ว (Total Lead) ในน้ำดื่ม หน่วย mg/L
- 2) สภาวะ (เงื่อนไข) การวัด เมื่อพิจารณาถึงความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาแล้ว สภาวะที่ใช้ในการวัด จำเป็นต้องมีการระบุและควบคุมให้อยู่ในสภาวะตามวิธีดำเนินการวัดที่กำหนดไว้ เช่น การชั่งจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม ซึ่งสภาวะการวัดจะมีความสำคัญมากเมื่อวิธีวัดเป็นแบบ Empirical method
- 3) การปรับแก้ค่าการได้กลับคืน (Recovery correction) จะต้องมีการวัดหรือการคำนวณเพิ่มเติม นั้นหมายถึง ต้องเพิ่มการสอบย้อนกลับได้ของขั้นตอนนี้เข้าไปด้วย โดยทั่วไปการวัดทางเคมีจะไม่มี การปรับแก้ค่าการได้กลับคืน เนื่องจากค่าไม่คงที่ จะแปรผัน batch to batch (day to day) แต่มีการนำค่าความไม่แน่นอนของการได้กลับคืนมาคิดในการประเมินค่าความไม่แน่นอนรวมหมายเหตุ การปรับแก้ค่า จะถูกนำมาใช้ในกรณีเข้าร่วมทดสอบความชำนาญ หรือมีการร้องขอจากผู้ให้ผล
- 4) ความไม่แน่นอนการวัด จะครอบคลุมถึงทุกองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการวัด โดยค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดจะไม่น้อยกว่าค่าความไม่แน่นอนจากวัสดุอ้างอิงรับรองที่นำมาใช้ในการสอบเทียบ/สอบความใช้ได้ของวิธี และหากต้องการลดค่าความไม่แน่นอนการวัด จะต้องเพิ่มการควบคุมองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการวัดมากขึ้น

5.3 การเลือกวิธีดำเนินการวัดที่เหมาะสม

วิธีดำเนินการวัดส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนการวัดและการบรรลุความไม่แน่นอนเป้าหมาย ซึ่งสัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น ข้อกำหนดด้านกฎระเบียบสำหรับวิธีเฉพาะ ข้อกำหนดของลูกค้า ความสิ้นเปลืองทรัพยากร และ ความพร้อมของเครื่องมือ ฯลฯ วิธีดำเนินการวัดจะต้องจัดทำเป็นเอกสารที่มีรายละเอียดเพียงพอให้ผู้ดำเนินการวัดสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน และสามารถเข้าถึงได้และต้องควบคุมเอกสารเพื่อสอบย้อนการเปลี่ยนแปลงได้

470 5.4 การสอบความใช้ได้

471 การสอบความใช้ได้ของวิธีการวัดควรทำเพื่อให้มั่นใจในความเหมาะสมของสมการและ
472 เงื่อนไขของการวัด เทคนิคที่ใช้สอบความใช้ได้ของวิธีวัด อาจเป็นวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีรวมกัน
473 ได้แก่

- 474 • การประเมินความจำเพาะเจาะจง เพื่อให้แน่ใจว่าวิธีการวัดตอบสนองต่อสิ่งที่เจตนาวัด
475 เท่านั้น
- 476 • การประเมินความเอนเอียง (bias) และความเที่ยง (precision) โดยใช้มาตรฐานอ้างอิง
477 หรือวัสดุอ้างอิง เช่น วัสดุอ้างอิงรับรองในตัวกลาง (Matrix CRM) ซึ่งจะกล่าวโดย
478 ละเอียดในข้อ 6.3
- 479 • การประเมินปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลการวัดอย่างเป็นระบบ
- 480 • การทดสอบความทนทาน (robustness) โดยการแปรผันของปัจจัยควบคุมต่างๆ เช่น
481 อุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงปริมาณรีเอเจนท์หรือค่าความเป็นกรด
482 ต่าง เป็นต้น
- 483 • การเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีอื่นที่ได้รับการสอบความใช้ได้แล้ว
- 484 • การเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ (interlaboratory comparison)
- 485 • การประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดโดยอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทาง
486 ทฤษฎีของวิธี และจากประสบการณ์การปฏิบัติงานในการชักตัวอย่างหรือการทดสอบ

487 การสอบความใช้ได้ นับว่ามีบทบาทสำคัญในการสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตร
488 วิทยา แม้จะใช้วิธีการวัดมาตรฐานซึ่งได้รับการสอบความใช้ได้อย่างละเอียดแล้ว แต่ยังคงต้องเฝ้า
489 ระวัง โดยใช้การควบคุมคุณภาพ เช่น การใช้วัสดุอ้างอิงรับรอง หรือการเข้าร่วมการทดสอบความ
490 ขำนาญ หากมีความจำเป็นจะต้องทำการสอบความใช้ได้ของวิธีเพิ่มเติมแต่ไม่ต้องศึกษาทุก
491 คุณลักษณะของวิธี (Key performance characteristics)

492 5.5 ความสำคัญของพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการวัด

493 พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการวัด จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อตัดสินใจถึงระดับการควบคุม
494 หรือการสอบเทียบที่เหมาะสม โดยทั่วไป พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการวัดจะถูกกำหนดโดย
495 พิจารณาว่าพารามิเตอร์นั้นมีอิทธิพลต่อผลการวัดและความไม่แน่นอนการวัดมากน้อยเพียงใด การ
496 ตัดสินใจว่าพารามิเตอร์ใดจำเป็นต้องสร้างการสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาหรือไม่ ให้พิจารณาว่า
497 พารามิเตอร์นั้นสามารถนำไปสู่ข้อผิดพลาดที่สำคัญในการวัดหรือไม่ ส่วนพารามิเตอร์ใดที่ไม่ได้ส่งผล
498 ต่อการวัดอย่างมีนัยสำคัญ พารามิเตอร์นั้นก็ไม่ต้องคำนึงถึงความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

499 สำหรับความไม่แน่นอนการวัด หากพิจารณาแล้วพบว่า ความไม่แน่นอนการวัดมีขนาดเล็ก
500 เมื่อเทียบกับความไม่แน่นอนรวมของผลการวัด ก็ไม่จำเป็นต้องมีการควบคุม หรือสร้างการสอบกลับ
501 ได้ทางมาตรวิทยา

502 5.6 การเลือกและใช้มาตรฐานการวัดที่เหมาะสม

503 เพื่อให้แน่ใจว่าค่าทั้งหมดที่อยู่ในสมการการวัด สามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยัง
504 การอ้างอิงที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดขั้นตอนสำหรับสอบเทียบเครื่องมือวัดหรืออุปกรณ์
505 ควบคุมค่าต่างๆ ให้คงที่ การสอบเทียบและการสอบความใช้ได้ของวิธีการวัด ถือเป็นหัวใจสำคัญของ
506 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของการวัด

507 ในทางปฏิบัติ เป็นที่ทราบกันดีว่ามาตรฐานการวัดที่ผ่านการสอบเทียบหรือวัสดุอ้างอิง
508 รับรอง ไม่ได้มีพร้อมใช้งานสำหรับทุกๆ พารามิเตอร์ ดังนั้นจึงต้องเลือกมาตรฐานการวัดที่เหมาะสม
509 อย่างไรก็ตามมาตรฐานการวัดโดยเฉพาะการวัดทางเคมีมีหลายรูปแบบ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดใน
510 ข้อที่ 6 ต่อไป

511 5.7 การประเมินความไม่แน่นอน

512 การประเมินความไม่แน่นอน อย่างน้อยต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- 513 1) การประเมินความไม่แน่นอนของค่าอ้างอิงแต่ละแหล่งที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของผล
514 การวัด
- 515 2) การประเมินความไม่แน่นอนโดยรวมของผลการวัด รวมถึงอิทธิพลของตัวอ้างอิงที่ใช้
- 516 3) การยืนยันว่าความไม่แน่นอน เหมาะสมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์การใช้งานที่ตั้งไว้

517 ทั้งนี้ แนวทางการประเมินความไม่แน่นอนของการวัดทางเคมี สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก
518 JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data - Guide to the expression of
519 uncertainty in measurement

520

521 6 ทางเลือกของการอ้างอิง

522 6.1 การวัดทางกายภาพ

523 การสอบเทียบเครื่องมือวัดทางกายภาพที่เหมาะสมมักไม่ค่อยเป็นปัญหาในการวัดเชิง
524 วิเคราะห์ อุปกรณ์และมาตรฐานการวัดสำหรับการสอบเทียบมวล ความยาว ปริมาตร อุณหภูมิ เวลา
525 และการวัดทางไฟฟ้า โดยปกติจะมีความไม่แน่นอนต่ำเมื่อเทียบกับความไม่แน่นอนที่พบในการวัดเชิง
526 วิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม การสอบเทียบยังคงเป็นสิ่งสำคัญ ห้องปฏิบัติการต้องเลือกมาตรฐานการวัด
527 ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่กำลังสอบเทียบ ค่าที่ได้ต้องสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังมาตรฐาน
528 อ้างอิงระดับชาติหรือระดับโลก และหากเป็นไปได้จะต้องมีใบรับรองของการสอบเทียบที่จัดทำโดย
529 หน่วยงานที่มีอำนาจ

530 ในกรณีที่อุปกรณ์ได้รับการสอบเทียบโดยบุคคลที่สาม (third party) และห้องปฏิบัติการไม่
531 มีการบำรุงรักษามาตรฐานการสอบเทียบ ผู้สอบเทียบจะต้องสามารถออกไปรับรองการสอบเทียบ
532 รวมถึงให้ค่าความไม่แน่นอน นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการควรตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์อย่าง
533 ต่อเนื่องโดยใช้มาตรฐานการตรวจสอบที่มีเสถียรภาพ เพื่อยืนยันว่าสามารถใช้งานเครื่องมือ/อุปกรณ์
534 นั้นได้อย่างต่อเนื่องภายใต้ความไม่แน่นอนที่ได้รับจากการสอบเทียบ ทั้งนี้การเลือกหน่วยงานสอบ
535 เทียบสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ในข้อ 3.

536 6.2 การยืนยันตัวตน (confirmation of identity)

537 ในการวัดเชิงวิเคราะห์ส่วนใหญ่ อัตลักษณ์ของสิ่งที่เจตนาวัดจำเป็นต้องได้รับการยืนยันโดย
538 การอ้างอิงถึงตัวอย่างจริงหรือข้อมูลอ้างอิง การยืนยันตัวตนด้วยการเปรียบเทียบไม่นับว่าเป็น
539 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาตามความหมายที่ระบุใน VIM วัสดุอ้างอิงรับรองบริสุทธิ์
540 มักจะใช้สำหรับการยืนยันอัตลักษณ์ของสิ่งที่เจตนาวัด

541 การเปรียบเทียบอัตลักษณ์ของสิ่งที่เจตนาวัดกับข้อมูลอ้างอิง เป็นเรื่องที่ยอมรับได้ และมีสิ่ง
542 สำคัญที่ต้องพิจารณา ดังนี้

- 543 1) ข้อมูลอ้างอิงได้มาภายใต้เงื่อนไขที่คล้ายกับข้อมูลที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ควร
544 เปรียบเทียบสเปกตรัมอินฟราเรดของสิ่งที่เจตนาวัดที่เป็นของแข็งกับข้อมูลอ้างอิง
545 สำหรับของแข็งที่ยังไม่ได้เตรียมเป็นสารละลาย เว้นแต่จะมีการนำผลกระทบของการ
546 เปลี่ยนแปลงสถานะเข้ามาเกี่ยวข้อง
- 547 2) ข้อมูลอ้างอิงและข้อมูลในรายการทดสอบสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยัง
548 ตัวอย่างที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบโดยตรงได้
- 549 3) อัตลักษณ์ของสิ่งที่เจตนาวัดสามารถกำหนดได้จากตัวอย่างต่อไปนี้เช่นกัน
 - 550 • ความรู้เกี่ยวกับเส้นทางการสังเคราะห์
 - 551 • การวัดลักษณะพื้นฐานที่ทำให้สามารถสรุปอัตลักษณ์ได้
 - 552 • การเปรียบเทียบโดยตรงกับสิ่งที่เจตนาวัดจริง

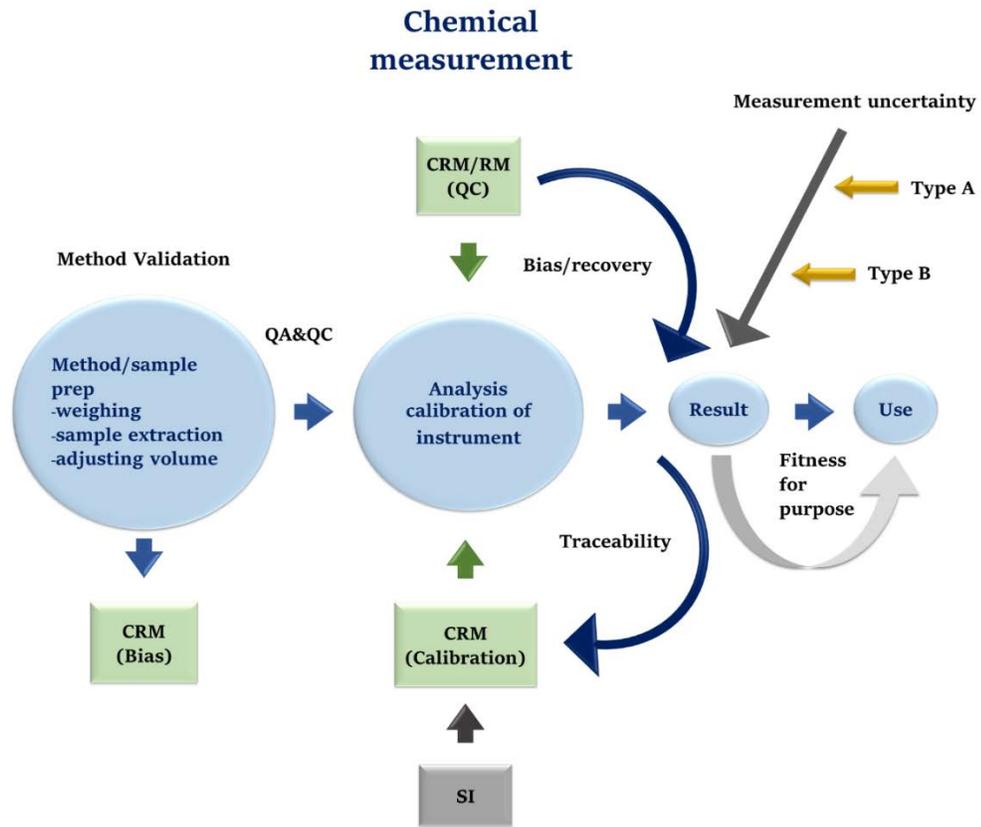
553 6.3 การสอบเทียบด้วยวัสดุอ้างอิงรับรอง

554 วัสดุอ้างอิง (Reference Material, RM) คือ วัสดุที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันและเสถียร
555 พอเพียงเมื่อเทียบกับสมบัติที่ระบุให้มีความเหมาะสมกับเจตนาในการใช้ในการวัดหรือในการ
556 ตรวจสอบสมบัติระบุ ในขณะที่วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material, CRM) คือ วัสดุ
557 อ้างอิงที่มีใบรับรองปริมาณของสิ่งที่เจตนาวัด/สารที่สนใจและแสดงค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด
558 ที่ระดับความเชื่อมั่นหนึ่ง และระบุความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญ
559 ของวัสดุอ้างอิงรับรองต่างจากสารมาตรฐานทั่วไป คือ

- 560 1) วัสดุอ้างอิงรับรองสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังมาตรฐานระดับชาติหรือ
561 นานาชาติ
- 562 2) ในใบรับรองของวัสดุอ้างอิงรับรอง จะมีข้อความแสดงค่าความไม่แน่นอน
563 วัสดุอ้างอิงรับรอง แบ่งได้ 2 ประเภท คือ
- 564 1) วัสดุอ้างอิงรับรองสารบริสุทธิ์หรือสารละลายมาตรฐาน (Pure substance CRM หรือ
565 Standard solution) ใช้สำหรับสอบเทียบเครื่องมือวัด
- 566 2) วัสดุอ้างอิงรับรองในตัวกลาง (Matrix CRM) ใช้สำหรับการสอบความใช้ได้ของวิธี
567 matrix CRM สามารถแบ่งตามความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา 2 ประเภท
- 568 • matrix CRM ที่ค่าอ้างอิงรับรองสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบหน่วย SI
 - 569 • matrix CRM ที่ค่าอ้างอิงรับรองไม่สามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังระบบ
570 หน่วย SI แต่สอบกลับได้ไปยังวิธีดำเนินการวัด
- 571 ในกระบวนการวัดทางเคมี หน้าที่ของวัสดุอ้างอิงมีบทบาทในขั้นตอนต่างๆ ของ
572 กระบวนการวัด (measurement procedure) สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนตามรูปภาพที่ 6-1
- 573 ในขั้นตอนแรก วิธีการวัดทางเคมีจะประกอบด้วยสองส่วนหลักๆ คือ การเตรียมตัวอย่าง
574 เนื่องจากตัวอย่างทั้งหลายไม่สามารถวัดได้โดยตรงจะต้องผ่านการสกัด และการทำความสะอาด
575 เพื่อกำจัดตัวรบกวน ในขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยวัสดุอ้างอิงรับรอง (CRM) ชนิดที่อยู่ในตัวกลาง
576 (matrix CRM) มาใช้ในการสอบความใช้ได้ของวิธีวัด(method validation) เพื่อตรวจสอบ bias
577 หรือที่เรียกว่า trueness check ต่อมาขั้นตอนที่สองคือ การวัดด้วยเครื่องมือ ในขั้นตอนนี้
578 เครื่องมือจะต้องทำการสอบเทียบ ซึ่งจะต้องใช้วัสดุอ้างอิงรับรองที่ราบ/มีความบริสุทธิ์ (pure
579 CRM) มาสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ในกระบวนการนี้จะช่วยให้ผลการวัดมี
580 ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา เนื่องจากมีการใช้ CRM ที่มีสมบัติสอบกลับได้ทาง
581 มาตรวิทยามาใช้ในการสอบเทียบ แต่ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากระบวนการสอบเทียบในขั้นตอนนี้เกิดขึ้น
582 เฉพาะส่วนของเครื่องมือเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงความถูกต้องของการวัดทางเคมี จะมาจาก
583 การเตรียมตัวอย่างด้วย ดังนั้นในกระบวนการทำ method validation ตัว matrix CRM จะผ่าน
584 กระบวนการเตรียมตัวอย่างและวัด ด้วยเครื่องมือด้วยกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ เพื่อหา bias การ
585 นำ bias มาปรับแก้ หรือการนำค่าความไม่แน่นอนของการวัดของ bias มาคำนวณในค่าความไม่
586 แน่นอนรวม จะเทียบได้กับการสอบเทียบทั้งกระบวนการวัด (the whole measurement
587 procedure) ซึ่งครอบคลุมทั้งการเตรียมตัวอย่างและการวัดด้วยเครื่องมือ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้อง
588 ใช้วัสดุอ้างอิงที่มีความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยามาทำหน้าที่ในการสอบเทียบทั้ง
589 กระบวนการวัด นอกจากนี้ในกระบวนการวัดทุกๆ ครั้ง จะต้องมีการใช้เครื่องมือเพื่อควบคุม
590 คุณภาพของผลทดสอบ เพื่อให้มั่นใจในผลการทดสอบที่มีความถูกต้อง ในขั้นตอนนี้ จะใช้วัสดุ
591 อ้างอิงหรือวัสดุอ้างอิงรับรอง (RM/ CRM) มาใช้ก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นวัสดุอ้างอิงระดับวัสดุ

592
593

อ้างอิงรับรอง ในที่สุดผลการวัดมีการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด และสุดท้ายลูกค้าผู้
เอาไปใช้งานจะตัดสินใจว่าเหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานหรือไม่



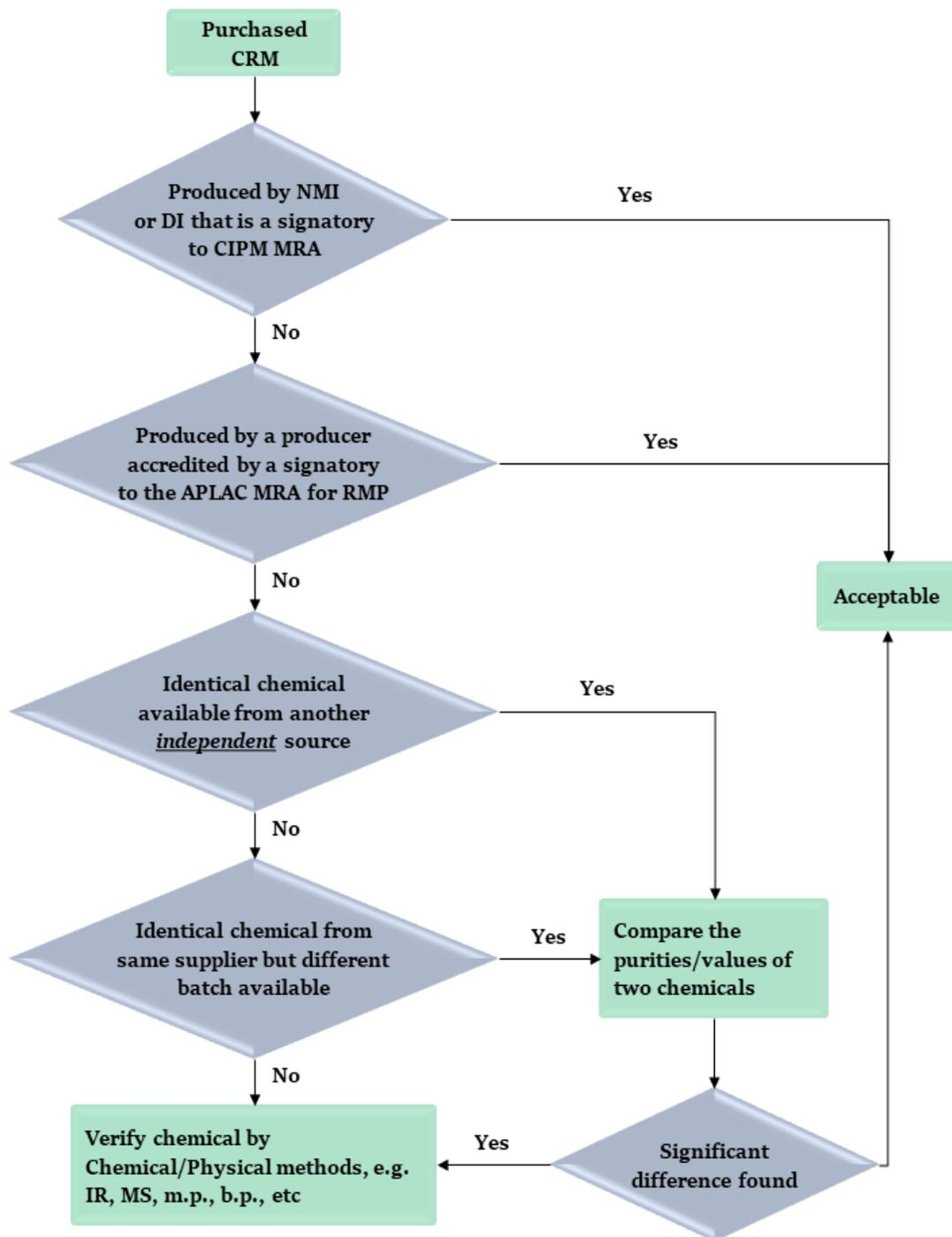
594
595
596
597
598
599

รูปภาพที่ 6-1 หน้าที่ของวัสดุอ้างอิงในกระบวนการวัดทางเคมี

6.4 การสอบเทียบกับวัสดุอื่นๆ

กรณีไม่มีวัสดุอ้างอิงรับรองที่ใช้ในการสอบเทียบในขอบข่ายของการทดสอบ การเลือกใช้
วัสดุอื่นๆ ในการสอบเทียบ ควรเป็นไปตาม APLAC TC 012 ดังรูปที่ 6-2

Flowchart for Acceptability of RM



600

601

รูปภาพที่ 6-2 แนวทางในการเลือกใช้สารมาตรฐานและสารเคมีทั่วไป เพื่อการสอบเทียบเครื่องมือวัด

602

(ที่มา: APLAC TC012)

603 เอกสาร APLAC TC012 ได้เสนอแนวทางในการเลือกใช้สารมาตรฐานและสารเคมี
604 ทั่วไปเพื่อวัตถุประสงค์การสอบเทียบเครื่องมือไว้ โดยเลือกใช้งานตามลำดับดังนี้

605 1) เลือกใช้วัสดุอ้างอิงรับรองที่ผลิตโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ หรือหน่วยงานที่ทำ
606 หน้าที่การวัดในรายการนั้นๆ แทนสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ หากไม่มีให้ไปขั้นตอน
607 ถัดไป

608 2) เลือกใช้วัสดุอ้างอิงรับรองที่ผลิตโดยผู้ผลิตวัสดุอ้างอิงที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ
609 ISO 17034 หากไม่มีให้ไปขั้นตอนถัดไป

610 3) ใช้สารมาตรฐานชนิดเดียวกันแต่มาจากต่างแหล่ง หรือต่างบริษัท ถ้าสามารถหาได้ ให้
611 ดำเนินการเปรียบเทียบค่าความบริสุทธิ์ หรือค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานสองแหล่ง
612 นี้ ถ้าผลการเปรียบเทียบพบว่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถือว่ายอมรับสารมาตรฐาน
613 จากสองแหล่งนี้ได้ สามารถเอาไปใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือได้ อย่างไรก็ตาม หาก
614 พบว่าผลการเปรียบเทียบมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ให้ทำการทวนสอบสาร
615 มาตรฐานด้วยวิธีหั่งคุณสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ เช่น เทคนิค Infrared,
616 Mass spectrometer, Melting point หรือ Boiling point เป็นต้น หากไม่มีให้ไป
617 ขั้นตอนถัดไป

618 4) หากไม่มีสารมาตรฐานมากกว่า 1 แหล่ง คือมีผู้ผลิตแค่รายเดียว ให้ทำการเปรียบเทียบ
619 ค่าความบริสุทธิ์ หรือค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐาน ต่าง batch หรือต่าง lot นี้ ถ้า
620 ผลการเปรียบเทียบพบว่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถือว่ายอมรับสารมาตรฐานจากสอง
621 batch หรือ สอง lot นี้ได้ สามารถเอาไปใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือได้ อย่างไรก็ตาม
622 หากพบว่าผลการเปรียบเทียบมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ให้ทำการทวนสอบสาร
623 มาตรฐานด้วยวิธีหั่งคุณสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ เช่น เทคนิค Infrared,
624 Mass spectrometer, Melting point หรือ Boiling point เป็นต้น หากไม่มีให้ไป
625 ขั้นตอนถัดไป

626 5) หากไม่มีสารมาตรฐานมากกว่า 1 แหล่ง คือมีผู้ผลิตแค่รายเดียว และที่ผ่านมามีการผลิต
627 ออกมาแค่ batch เดียว หรือ lot เดียว ให้ทำการทวนสอบสารมาตรฐานด้วยวิธีหั่ง
628 คุณสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ เช่น เทคนิค Infrared, Mass spectrometer,
629 Melting point หรือ Boiling point เป็นต้น

630

631 6.5 การสอบเทียบโดยใช้ข้อมูลอ้างอิง

632 ในกรณีที่ไม่สามารถหาวัสดุอ้างอิงรับรองได้ ข้อมูลอ้างอิงจะใช้เพื่อสนับสนุนการสอบเทียบ
633 ตัวอย่างเช่น การอ้างอิงข้อมูลสเปกโทรสโกปีเพื่อสอบเทียบมาตรฐานความยาวคลื่น การใช้การ
634 อ้างอิงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงเพื่อสร้างความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความเข้มข้นกับการวัดค่าการ
635 ดูดกลืนแสง หรือการเทียบ mass fraction profile ของสารที่แตกตัวเป็นไอออนในเครื่อง mass

636 spectrometer ที่กำหนดโดยหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับในสาขานั้นๆ เพื่อยืนยันชนิดของสาร จะเห็น
637 ว่า ในกรณีดังกล่าว ค่าของผลการวัดสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังข้อมูลอ้างอิงดังกล่าว

638 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการใช้ข้อมูลอ้างอิง คือ ควรใช้ข้อมูลอ้างอิงภายใต้เงื่อนไขที่ใช้ใน
639 การวัด และข้อมูลอ้างอิงสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาถึงตัวอ้างอิงที่เหมาะสม

640 6.6 วัสดุอ้างอิงสำหรับการพัฒนาวิธีการวัด การสอบความใช้ได้ และการทวนสอบวิธีการ

641 วัสดุอ้างอิงรับรองในตัวกลาง มีบทบาทสำคัญและแนะนำให้ใช้ในการพัฒนาวิธีการวัด การ
642 สอบความใช้ได้ของวิธีวัด และการทวนสอบวิธีวัด

643 ผลกระทบของตัวกลางและปัจจัยอื่น ๆ เช่น ช่วงความเข้มข้นอาจมีความสำคัญมากกว่า
644 ความไม่แน่นอนการวัดของค่ารับรอง จึงมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาได้แก่

- 645 • สิ่งที่เกิดนาวัต เช่น ความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ในตัวกลางหนึ่ง
- 646 • ช่วงการวัด เช่น ช่วงความเข้มข้น
- 647 • การจับคู่ตัวกลางและตัวรบกวน
- 648 • ขนาดตัวอย่างที่ใช้
- 649 • ความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของสิ่งที่เจตนาวัด
- 650 • ความไม่แน่นอนการผลการวัด
- 651 • ลักษณะเฉพาะและขั้นตอนการรับรอง

652 6.7 การประเมินความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของวัสดุอ้างอิงทางการค้า

653 เมื่อเลือกใช้งานวัสดุอ้างอิงทางการค้าทั่วไป ควรคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

- 654 • การผลิตวัสดุอ้างอิงต้องสอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพ เช่น ISO 17034 หรือ ISO/IEC
655 17025 และควรแสดงให้เห็นความสอดคล้องผ่านการประเมินโดยบุคคลที่สาม
- 656 • มีบันทึกและการติดตามบันทึกทั้งของผู้ผลิตและวัสดุ เช่น วัสดุอ้างอิงมีการนำไป
657 เปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการ หรือตรวจสอบโดยใช้วิธีต่างๆ หรือใช้งานใน
658 ห้องปฏิบัติการต่างๆ เป็นระยะเวลาหลายปี
- 659 • มีใบรับรองและรายงานที่สอดคล้องกับข้อกำหนดใน ISO Guide 31
- 660 • ความถูกต้องของใบรับรองและข้อมูลความไม่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับ ISO Guide 35

661

662

663

664 7 การรายงานความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา

665 ในรายงานผลการทดสอบ ไม่นิยมให้ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับความสามารถสอบกลับได้ทางมาตร
666 วิทยา อย่างไรก็ตามหากจำเป็นต้องรายงานหลักฐานความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของผลการวัด
667 จะรายงานมาตรฐานการสอบเทียบที่ใช้สิ่งอ้างอิงทางมาตรวิทยา และข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการควบคุมสถานะ
668 ของการวัด

669

670 8 บทสรุป

671 คู่มือนี้ได้นำเสนอพื้นฐานของการสร้างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาสำหรับผลการวัดที่
672 ได้จากการสอบเทียบ การวัด หรือการทดสอบ โดยมีประเด็นสำคัญสรุปได้ดังนี้

- 673 • การพัฒนาวิธีการวัด ทำให้เกิดขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่เจตนาวัดที่ได้รับการ
674 ยอมรับ รวมทั้งการคำนวณและชุดของการวัดเงื่อนไข
- 675 • การสอบความใช้ได้ แสดงให้เห็นว่า การคำนวณและชุดของการวัดเงื่อนไขเป็นไปตาม
676 วัตถุประสงค์การใช้งาน
- 677 • เมื่อตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องสร้างความสามารถสอบกลับได้
678 ทางมาตรวิทยาหรือการควบคุมแต่ละค่าในสมการ และแต่ละเงื่อนไขที่ระบุเท่านั้น
- 679 • ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา ซึ่งกำหนดโดยการสอบเทียบด้วยมาตรฐานการวัดที่
680 เหมาะสม เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวัดค่าวิกฤต

681 เนื้อหาที่กล่าวมาทั้งหมด จะใช้ได้ดีในห้องปฏิบัติการที่ทำการวัดที่มีระบบการควบคุมและการ
682 ประกันคุณภาพที่ดีเท่านั้น แต่หากเลือกวิธีการวัดไม่ถูกต้อง หรือใช้นอกเหนือขอบเขตที่ระบุ หรือ
683 นักวิเคราะห์ขาดประสบการณ์ จะไม่อาจกล่าวอ้างได้ว่า ผลการทดสอบนั้นมีความสามารถสอบกลับได้ทาง
684 มาตรวิทยา

685

686 9 ภาคผนวก: ตัวอย่างการทดสอบทางเคมี

687 A) ตัวอย่างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของผลการวัดที่ได้จาก Rational method

688 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะในน้ำ ตามมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water
689 and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 24th ed., 2023, part 3030 E and part 3125 B

690

691 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

692

693
694
695
696
697
698

$$\text{Metal concentration, mg/L} = A \times \frac{B}{C}$$

- A : ความเข้มข้นของโลหะจากสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อย (mg/L)
B : ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อย (mL)
C : ปริมาตรตัวอย่าง (mL)

รายละเอียดขั้นตอน	การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา
ตัวอย่างน้ำจากขวดวัดปริมาตร (C) ถูกเทลงในบีกเกอร์ ทำการเติมกรดไนตริกลงไป จากนั้นนำไปตั้งให้ระเหยบนเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C จนกระทั่งเหลือตัวอย่างปริมาณเล็กน้อย และมีลักษณะใส เทตัวอย่างลงในขวดวัดปริมาตร (B) และปรับปริมาตร	ขวดวัดปริมาตรผ่านการสอบเทียบ
นำสารละลายที่ได้ไปทดสอบปริมาณโลหะด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS) (A)	ใช้ Pure metal CRM สำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งสอบกลับได้ไปยังระบบหน่วย SI หรือวิธีวัดปฐมภูมิ
ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เพื่อศึกษา method bias	ใช้ Matrix CRM ที่สอบกลับได้ไปยังระบบหน่วย SI หรือเทียบผลการวัดที่ได้จากวิธีวัดปฐมภูมิ
ตรวจสอบ Laboratory bias	เข้าร่วมโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ (ความถูกต้องขึ้นกับผลของการเข้าร่วมโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ)

699
700
701
702
703
704
705

- B) ตัวอย่างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของผลการวัดที่ได้จาก Empirical method การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS) ในน้ำ ตามมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 24th ed., 2023, part 2540 C

706 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

707

708
$$\text{total dissolved solids mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{sample volume, mL}}$$

709

710 A : น้ำหนักสุดท้ายของภาควัดอย่างแห้ง + น้ำหนักของชาม (mg)

711 B : น้ำหนักของชาม (mg)

712

รายละเอียดขั้นตอน	การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา
ชั่งน้ำหนักชาม (B) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ (180 ± 2) °C (ซึ่งจนได้น้ำหนักคงที่ โดยน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.5 mg) และใช้เวลาในการอบไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง	Temperature detector และเครื่องชั่งน้ำหนัก ผ่านการสอบเทียบ และสอบกลับไปยังระบบหน่วย SI
ตัวอย่างน้ำถูกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วและตวงปริมาตรที่แน่นอนด้วยปิเปตหรือกระบอกตวง จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วไปเทลงในชามระเหยที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน	ปิเปตหรือกระบอกตวงผ่านการสอบเทียบ และสอบกลับไปยังระบบหน่วย SI
นำไประเหยน้ำออกที่อุณหภูมิ (180 ± 2) °C จนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.5 mg)	Temperature detector และเครื่องชั่งน้ำหนัก ผ่านการสอบเทียบ และสอบกลับไปยังระบบหน่วย SI
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมา (A) ของชาม คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 180°C	เครื่องชั่งน้ำหนัก ผ่านการสอบเทียบ และสอบกลับไปยังระบบหน่วย SI

713

714 C) ตัวอย่างความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของผลการวัดที่ได้จาก Empirical method

715 การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ละลายจากภาชนะเซรามิก ภาชนะเซรามิกแก้ว และภาชนะ
716 แก้วที่ใช้กับอาหาร ตามมาตรฐาน ISO 6486-1: 2019 Ceramic ware, glass ceramic ware and
717 glass dinnerware in contact with food-Release of lead and cadmium-Part 1: Test method

718 ตัวอย่างที่ยกมา คือ “ภาชนะกันแบน ความลึกไม่เกิน 25 mm”

719

720 ตัวอย่าง B) และ C) แม้จะเป็นผลการวัดที่ได้จาก Empirical method เหมือนกัน แต่ต่างกันที่ตัวอย่าง
 721 C) มีขั้นตอนของการวัดผล ที่สามารถเลือกใช้ชนิดของเครื่องมือวัดที่แตกต่างกันได้ แต่ให้ผลการทดสอบ
 722 ที่ไม่แตกต่างกัน และสามารถสอบกลับไปยังระบบหน่วย SI ได้

723

724 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

725
$$R_o = \frac{\rho_o \times V}{S_R}$$

726

727 R_o : ปริมาณตะกั่วหรือแคดเมียมที่ละลายออกมาต่อพื้นที่ของตัวอย่าง ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$)

728 ρ_o : ความเข้มข้นของตะกั่วหรือแคดเมียม ($\mu\text{g}/\text{L}$) ที่ได้จากสารละลายที่ใช้สกัดตัวอย่าง

729 V : ปริมาตรสารละลายที่ใช้สกัดตัวอย่าง (L)

730 S_R : พื้นที่ผิวของตัวอย่าง (dm^2)

731

รายละเอียดขั้นตอน	การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา
ตะกั่วและแคดเมียมถูกละลายจากตัวอย่างภาชนะ (S_R) โดยแช่ตัวอย่างใน 4% กรดอะซิติก (V) เป็นเวลา (24 ± 0.5) ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ (22 ± 2) °C ในที่มืด โดยมีระยะจากขอบบนภาชนะ 6 mm	ขวดวัดปริมาตร และปิเปต ได้รับการ ทวนสอบ
นำสารละลายที่ได้ไปทดสอบปริมาณโลหะด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS) (ρ_o)	ใช้ Pure metal CRM สำหรับสร้างกราฟ มาตรฐาน ซึ่งสอบกลับได้ไปยังระบบ หน่วย SI หรือวิธีวัดปฐมภูมิ
ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เพื่อศึกษา method bias	ใช้ Matrix CRM ที่สอบกลับได้ไปยัง ระบบหน่วย SI หรือเทียบผลการวัดที่ได้ จากวิธีวัดปฐมภูมิ
ตรวจสอบ Laboratory bias	เข้าร่วมโปรแกรมการทดสอบความ ชำนาญ (ความถูกต้องขึ้นกับผลของการ เข้าร่วมโปรแกรมการทดสอบความ ชำนาญ)

732

733

734 10 คำถามที่พบบ่อย

735 1. คำถาม : การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา มีความสำคัญอย่างไร

736 คำตอบ : การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาทำให้

737 1) ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือ

738 2) ผลการวัดสามารถเปรียบเทียบกันได้ทางมาตรวิทยา

739 3) ผลการวัดมีค่าความไม่แน่นอนที่ยอมรับร่วมกันได้ของผู้ใช้ผลการวัด (เช่น ผู้ซื้อ ผู้ขาย
740 และหน่วยงานกำกับดูแลตามกฎหมาย)

741 ผลการวัดที่สามารถแสดงความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยานั้น จะสอบ
742 กลับไปยังสิ่งอ้างอิงที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ผลการวัด และเป็นสิ่งที่ทำให้
743 มั่นใจได้ว่า ผลการวัดในแต่ละครั้งจะต้องสามารถเปรียบเทียบกันได้กับการวัดในเวลาอื่น
744 ของห้องปฏิบัติการเดียวกันหรือต่างห้องปฏิบัติการกัน เนื่องจากแต่ละห้องปฏิบัติการมีการ
745 สอบกลับไปยังสิ่งอ้างอิงทางมาตรวิทยาเดียวกัน

746

747 2. คำถาม : กรณีวัสดุอ้างอิงรับรองที่ใช้งานหมดอายุ จะต้องทำอย่างไรให้การสอบกลับได้ไม่ขาดช่วงการ
748 สอบเทียบ

749 คำตอบ :

750 1. กรณียังไม่เปิดใช้งานวัสดุอ้างอิงรับรอง ให้ตรวจสอบกับผู้ผลิตว่า มีการขยายอายุการใช้
751 งาน หรือ re-certificate หรือไม่

752 2. ถ้าผู้ผลิตไม่ได้ขยายอายุการใช้งาน วัสดุอ้างอิงรับรองไม่สามารถสอบกลับได้ จึงไม่
753 สามารถใช้ในการสอบเทียบ

754

755 3. คำถาม : การเข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญแล้วได้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจ จะทำให้ผลการวัดมีการ
756 สอบกลับได้ทางมาตรวิทยาหรือไม่

757 คำตอบ: ผลการวัดสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาในกรณีที่ โปรแกรมทดสอบความชำนาญนั้นได้ระบุถึงการ
758 สอบกลับได้ของการวัด และห้องปฏิบัติการนำผล bias มาพิจารณาพร้อมกับความไม่แน่นอนของการวัด
759 ด้วย

760

761

762

763 11 เอกสารอ้างอิง

- 764 11.1 EURACHEM/CITAC. Metrological Traceability in Chemical Measurement, A guide to
765 achieving comparable results in chemical measurement, 2nd Edition in English (2019).
- 766 11.2 ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and
767 calibration laboratories, Geneva (2017).
- 768 11.3 JCGM 200:2008, ประมวลศัพท์มาตรฐานวิทยาระหว่างประเทศ - แนวคิดพื้นฐานและแนวคิดทั่วไป
769 พร้อมคำศัพท์ที่เชื่อมสัมพันธ์ (วีไอเอ็ม) (2008).
- 770 11.4 ILAC P10:07/2020 ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results
771 (2021).
- 772 11.5 APLAC TC012, Issue No. 2. Guidelines for Acceptability of Chemical Reference
773 Materials and Commercial Chemicals for Calibration of Equipment Used in Chemical
774 Testing.
- 775 11.6 ISO Guide 30:2015 Reference materials - Selected terms and definitions (2015).
- 776 11.7 B.Hibbert, Quality Assurance in Analytical Chemistry Laboratory, 1st edition, Oxford
777 University Press, 2007
- 778 11.8 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA &
779 WEF, 24th ed., 2023, part 3030 E and part 3125 B
- 780 11.9 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA &
781 WEF, 24th ed., 2023, part 2540 C
- 782 11.10 ISO 6486-1: 2019 Ceramic ware, glass ceramic ware and glass dinnerware in contact
783 with food-Release of lead and cadmium-Part 1: Test method