

# การเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนการวัดปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำ ที่ได้จากการประมาณค่าตามแนวทาง ISO/GUM และแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี Comparison of measurement uncertainty between ISO/GUM and method validation approach of mercury measurement in drinking water sample

นีระนารถ แจงทอง<sup>1\*</sup>  
Neeranart Chaengthong<sup>1\*</sup>

## บทคัดย่อ

ผลการทดสอบทางเคมีต้องมีความน่าเชื่อถือทางมาตริวิทยาเคมี และต้องมีการรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัด เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของการวัดมีความสำคัญต่อการตัดสินใจดำเนินการทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ค่าผลทดสอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์กำหนดที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้ห้องปฏิบัติการต้องมีวิธีดำเนินการในการหาค่าความไม่แน่นอนของการวัดเป็นแนวทางไว้สำหรับปฏิบัติ โดยต้องพิจารณาองค์ประกอบความไม่แน่นอนที่สำคัญทั้งหมดและใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม บทความนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนของการวัดปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำโดยเทคนิควิธี Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry โดยใช้แนวทาง ISO/GUM และแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี (method validation)

การศึกษาพบว่าแหล่งค่าความไม่แน่นอนตามแนวทาง ISO/GUM ได้แก่ ความเที่ยง ปริมาตรตัวอย่าง ปริมาตรเบลงค์ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่วัดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ส่วนแหล่งค่าความไม่แน่นอนตามแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี ได้แก่ ความเที่ยงและความลำเอียง ค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ได้ค่าเท่ากับ 8.5 % และ 11% ตามลำดับ การประมาณค่าความไม่แน่นอนที่กล่าวในบทความนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีทดสอบที่มีกรวัดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

## Abstract

Measurement results from chemical testing laboratories that can be internationally acceptable need to apply Metrology in Chemistry (MiC) which is an important science of measurement. The key principles of MiC includes metrological traceability, method validation and uncertainty of measurement which are the factors that laboratories need to demonstrate to comply with ISO/IEC 17025. This studies concerned with comparison of the estimation of measurement uncertainty of determination of mercury in drinking water by using ISO/GUM approach and method validation approach.

There were many sources of uncertainties when using ISO/GUM approach such as precision, volumes of samples, volumes of blank and concentration of samples. Meanwhile method validation approach had only precision and bias. It was found that the expanded uncertainties were 8.5 % and 11%, respectively. The estimation of measurement uncertainty in this paper can be applied to other measurement methods that using calibration curves.

**คำสำคัญ :** ค่าความแน่นอนการวัด, ปรอท, กราฟมาตรฐาน

**Keywords :** Measurement uncertainty, Mercury, Calibration curve

<sup>1</sup>กรมวิทยาศาสตร์บริการ

\*Corresponding author E-mail address : neenart@dss.go.th

## 1. บทนำ (Introduction)

ปรอทเป็นสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ เมื่อปรอทเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตทันทีและกระจายไปยังสมองและส่วนอื่น ๆ ของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว หากร่างกายได้รับสารปรอทสะสมเป็นเวลานานจะทำให้มือและใบหน้าเกิดอาการบวมและเจ็บ บางคนอาจเกิดอาการเหน็บชาบางส่วนจนเป็นอัมพาตโรคที่เกิดจากปรอท เรียกว่า โรคมินามาตะ(1) มาตรฐานน้ำบริโภค มอก. 257-2549 (2) กำหนดให้มีปรอทได้ไม่เกิน 1  $\mu\text{g/L}$  การทดสอบหาปริมาณปรอทสามารถดำเนินการโดยใช้ Vapor generator ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer หรือใช้เทคนิค Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry ซึ่งมีการเปลี่ยนไอออนปรอทให้เป็นปรอทที่สถานะเป็นก๊าซ แล้วตรวจวัดด้วยหลอดโฟโตมัลติไฟเออร์ อย่างไรก็ตามการรายงานผลการทดสอบต้องมีการรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัดด้วย เพื่อให้ผลการวัดที่น่าเชื่อถือถูกต้องทางมาตริวิทยาเคมี เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของการวัดมีความสำคัญต่อการตัดสินใจผลการทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ค่าผลทดสอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์กำหนดที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025:2005 (3) จึงได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติการต้องมีวิธีดำเนินการในการหาค่าความไม่แน่นอนของการวัดเป็นแนวทางไว้สำหรับปฏิบัติ โดยต้องพิจารณาองค์ประกอบความไม่แน่นอนที่สำคัญทั้งหมดและใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมบทความนี้จะกล่าวถึง การเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนของการวัดปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำด้วยเทคนิค Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry โดยใช้แนวทาง ISO/GUM (4) และแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี(method validation) (5)

## 2. วิธีการวิจัย (Experimental)

### 2.1 วิธีทดสอบ

ประยุกต์ใช้วิธีทดสอบตาม Standard methods for the examination of water and wastewater.22<sup>nd</sup> ed. Washington, D.C. : American Public Health Association, 2012, Part 3500-Hg (6)

### 2.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธีทดสอบ (7)

คุณลักษณะเฉพาะของวิธีทดสอบที่ตรวจสอบเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนการวัด ได้แก่ ความลำเอียง (bias) และความเที่ยง (precision) การศึกษาความลำเอียงและความเที่ยงโดยใช้ spiked sample ที่มีการเติมสารละลายมาตรฐานปรอทลงในตัวอย่างน้ำที่ระดับความเข้มข้น 0.6, 5.0 และ 9.0  $\mu\text{g/L}$  ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำในภาวะ repeatability และ intermediate repeatability ตามลำดับ แล้วคำนวณค่าคืนกลับ (recovery) ค่าคืนกลับเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation)

### 2.3 การประมาณค่าความไม่แน่นอนการวัด (4)

2.3.1 หาแหล่งค่าความไม่แน่นอนการวัด (Identify sources of uncertainty) โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา

2.3.2 หาปริมาณค่าความไม่แน่นอน (Quantifying uncertainty) และคำนวณค่าความไม่แน่นอนรวม (Calculating the combined uncertainty : uc)

2.3.3 คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย (Calculating the expanded uncertainty: U)

2.3.4 รายงานผลการทดสอบในรูป  $\bar{X} \pm U$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีจำนวนเลขนัยสำคัญของค่าความไม่แน่นอนไม่เกินสองตำแหน่งและให้ปิดผลการทดสอบเฉลี่ยให้เท่ากับทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายของค่าความไม่แน่นอน

## 3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.1 การประมาณค่าความไม่แน่นอนโดยใช้แนวทาง ISO/GUM (4)

3.1.1 แหล่งค่าความไม่แน่นอนการวัด



1) ค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นของปรอท แบ่งเป็น 2 แหล่ง ดังนี้

3.1) ความไม่แน่นอนแกน y จาก residual standard deviation ของกราฟมาตรฐาน:  $u(c_0)$

สมการ Regression ของกราฟมาตรฐานเป็น  $A_j = c_j B_1 + B_0$

เมื่อ  $A_j$  = ค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่  $j$  ของสารละลายมาตรฐานลำดับที่  $j$

$c_j$  = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานลำดับที่  $j$

$B_1$  = slope ของกราฟมาตรฐาน

$B_0$  = intercept ของกราฟมาตรฐาน

$$u(c_0) = \frac{S}{B_1} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(c_0 - \bar{c})^2}{S_{xx}}}$$

เมื่อ  $S$  คือ residual standard deviation ซึ่งคำนวณจาก

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [A_j - (B_0 + B_1 c_j)]^2}{n - 2}} \quad \text{และ} \quad S_{xx} = \sum_{j=1}^n (c_j - \bar{c})^2$$

$p$  = จำนวนครั้งของการวัดเพื่อหาค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง ( $c_0$ )

$n$  = จำนวนครั้งของการวัดสารมาตรฐานเพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน

$c_0$  = ความเข้มข้นของตัวอย่างที่วัดได้

$\bar{c}$  = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารมาตรฐานปรอทที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐาน

$j$  = ตัวเลขแสดงหมายเลขของค่าที่วัดได้ของสารมาตรฐานที่ใช้สร้างกราฟ

การวัดสารละลายมาตรฐานปรอทที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้น 0.0, 0.6, 1.0, 2.0, 5.0 และ 10.0  $\mu\text{g/L}$  วัดความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ จากการทดลองพบว่า  $B_1 = 0.0193$ ,  $B_0 = 0.00193$  คำนวณค่า  $S$  และค่า  $S_{xx}$  โดยแทนค่า  $A_j, c_j$  ทุกค่าในสูตร ได้  $S = 0.00143$  และ  $S_{xx} = 166.24$  ถ้า  $c_0 = 2.0 \mu\text{g/L}$  ดังนั้น

$$u(c_0) = \frac{0.00143}{0.0193} \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{18} + \frac{(2 - 3.10)^2}{166.24}} = 0.0457 \mu\text{g/L}$$

3.2) ความไม่แน่นอนแกน  $x$  จากการทำให้เจือจางสารละลายมาตรฐาน :  $u_{std}$

การเจือจางสารละลายมาตรฐานต้องใช้ปิเปตและขวดวัดปริมาตร ซึ่งมีแหล่งค่าความไม่แน่นอนย่อย 3 แหล่ง คือ ความคลาดเคลื่อน ผลของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่สอบเทียบเครื่องแก้วกับอุณหภูมิที่นำเครื่องแก้วมาใช้ และการทำซ้ำ แต่การเจือจางสารละลายมาตรฐานทำในเวลาใกล้เคียงกันมาก ๆ และ

ภาวะเดียวกัน จึงสามารถตัดค่าความไม่แน่นอนจากอุณหภูมิออกไปได้

ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 10  $\mu\text{g/L}$  (ลำดับการเจือจางแสดงในรูปที่ 2)

- สารละลายมาตรฐานปรอท 1000 mg/L มีความไม่แน่นอนมาตรฐาน =  $2/\sqrt{3} = 1.1547$  mg/L

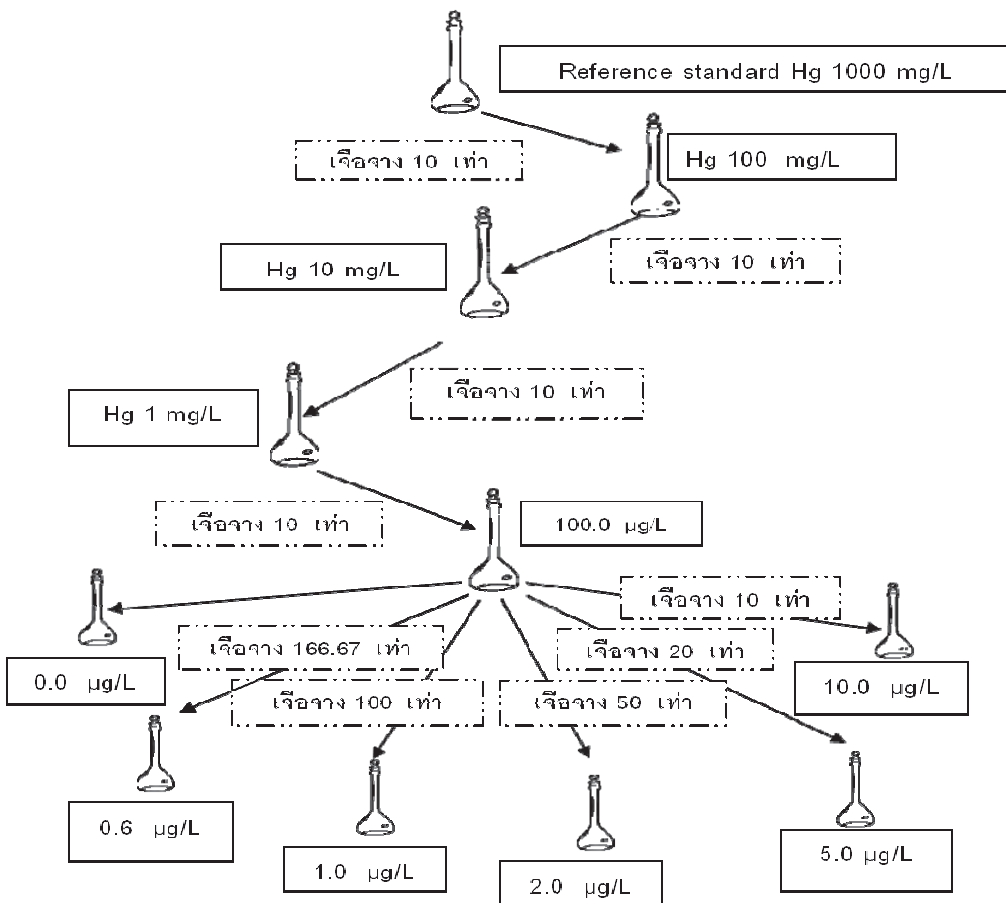
- การเตรียมสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 10 µg/L มีการเจือจาง 10 เท่า 5 ครั้ง แหล่งค่าความไม่แน่นอนย่อยดังต่อไปนี้

ปิเปตขนาด 10 mL ความคลาดเคลื่อนมีค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน =  $0.02/\sqrt{6} = 0.0082$  mL และการทำซ้ำมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.0058 mL

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของปิเปตขนาด 10 mL  $u_{p10} = \sqrt{0.0082^2 + 0.0058^2} = 0.0100$  mL

ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ความคลาดเคลื่อนมีค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน =  $0.01/\sqrt{6} = 0.00408$  mL และการทำซ้ำมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.0108 mL

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL  $u_{v100} = \sqrt{0.00408^2 + 0.0108^2} = 0.0116$  mL



รูปที่ 2 ลำดับการเจือจางสารละลายมาตรฐานปรอทเพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของการเจือจาง 10 เท่า

$$\frac{u_{dil\ 10}}{dil\ 10} = \sqrt{\left(\frac{u_{p10}}{10}\right)^2 + \left(\frac{u_{v100}}{100}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.0100}{10}\right)^2 + \left(\frac{0.0422}{100}\right)^2} = 0.00109$$

ดังนั้นค่าความไม่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 10 µg/L

$$\frac{u_{C10\mu g/L}}{10} = \sqrt{\left(\frac{u_{Cstock}}{Cstock}\right)^2 + 5\left(\frac{u_{dil10}}{dil10}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1.1547}{1000}\right)^2 + 5 \times 0.00109^2} = 0.0027$$

ในทำนองเดียวกัน ค่าความไม่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 0, 0.6, 1, 2 และ 5 µg/L ในรูป relative standard uncertainty มีค่าเท่ากับ 0.0004, 0.0078, 0.0076, 0.0047 และ 0.003 ตามลำดับ

ดังนั้น ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม :  $u_{std}$  คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{u_{std}}{2.0} &= \sqrt{\left(\frac{u_{C0.6pppb}}{0.6}\right)^2 + \left(\frac{u_{C1.0pppb}}{1.0}\right)^2 + \left(\frac{u_{C2.0pppb}}{2.0}\right)^2 + \left(\frac{u_{C5.0pppb}}{5.0}\right)^2} \\ &+ \sqrt{\left(\frac{u_{C10.0pppb}}{10}\right)^2 + \left(\frac{u_{C0pppb}}{0}\right)^2} \\ &= \sqrt{0.0078^2 + 0.0076^2 + 0.0047^2 + 0.0030^2 + 0.0027^2 + 0.0004^2} = 0.013 \end{aligned}$$

### 3.1.3 คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม และค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1) คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม

$$\begin{aligned} u_c &= C_0 \sqrt{\left(\frac{u_{rep}}{\bar{X}}\right)^2 + \left(\frac{u_{V100\ bl}}{V_{100bl}}\right)^2 + \left(\frac{u_{V\ 100sp}}{V_{100sp}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_0)}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{u_{std}}{C_0}\right)^2} \\ &= 2 \sqrt{(0.0342)^2 + \left(\frac{0.1279}{100}\right)^2 + \left(\frac{0.1279}{100}\right)^2 + \left(\frac{0.0457}{2}\right)^2 + 0.013^2} \\ &= 0.0835 \quad \mu g / L \end{aligned}$$

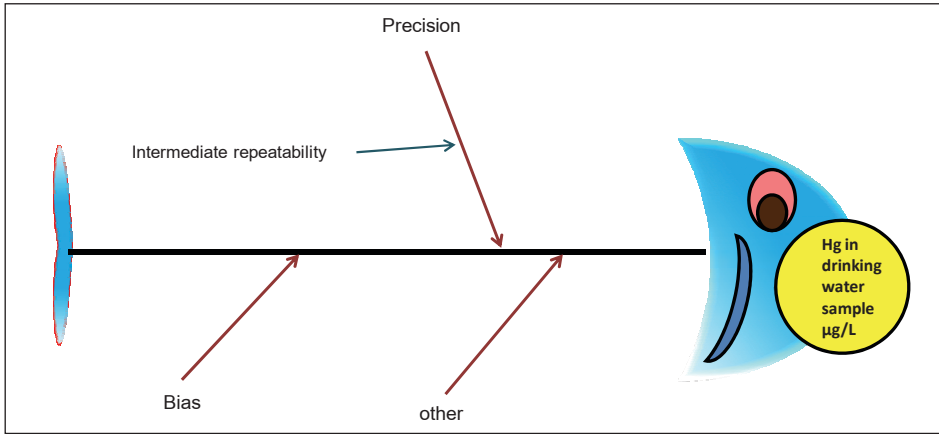
2) คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$$U = k u_c = 2 u_c = 2 \times 0.0835 = 0.1670 \quad \mu g/L$$

3.1.4 การรายงานผล ปรอท =  $2.00 \pm 0.17 \mu g/L$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2 การประมาณค่าความไม่แน่นอนโดยใช้  
 แนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสม  
 ผลของวิธี (7)

3.2.1 แหล่งค่าความไม่แน่นอนการวัด  
 ปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำโดยใช้แนวทางการใช้ข้อมูล  
 จากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี แสดงใน  
 รูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิแก๊งปลาแสดงแหล่งค่าความไม่แน่นอนการวัดปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำ (5)  
 โดยใช้แนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี

3.2.2 การหาปริมาณค่าความไม่แน่นอน

จากแผนภูมิแก๊งปลาที่ 3 ค่าความไม่แน่นอนแต่ละแหล่งและค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน ได้แก่

- 1) การทำซ้ำ :  $u_{rep}$  เป็นค่าความไม่แน่นอนชนิด A มาจากการตรวจสอบความเที่ยงของวิธีทดสอบ มีค่า  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เท่ากับ 0.0342
- 2) ความลำเอียง มี 2 แหล่ง คือ  $u(\bar{R}_m)$  เป็นตัวแทนของวิธีทดสอบ พิจารณาจากค่าความเข้มข้น  
 ระดับกลางที่ใช้ศึกษาความลำเอียงของวิธีซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 µg/L และ  $u(\bar{R}_s)$  เป็นตัวแทนของช่วงใช้งาน

$$- u(\bar{R}_m) \text{ คำนวณจาก } u(\bar{R}_m) = \bar{R}_m \times \sqrt{\left(\frac{s_{obs}^2}{n \times \bar{C}_{obs}^2}\right) + \left(\frac{u(C_{spike})}{C_{spike}}\right)^2}$$

$\bar{R}_m$  = ค่าคืนกลับเฉลี่ย

$s_{obs}$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบซ้ำ spike sample ในภาวะ repeatability

$n$  = จำนวนครั้งที่ทดสอบซ้ำ = 10

$u(C_{spike})$  = ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงใน spike sample

$C_{Spike}$  = ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติมลงใน spiked sample = 5.0 µg/L

$$\frac{u(C_{spike})}{C_{spike}} = \sqrt{\left(\frac{u(C_{std})}{C_{std}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{\sqrt{3} \times 1000}\right)^2} = 0.00115$$

$$\bar{R}_m = \frac{\bar{C}_{obs}}{C_{spike}} = \frac{4.9747}{5.0} = 0.9884$$

$$u(\bar{R}_m) = 0.9884 \times \sqrt{\left(\frac{0.041^2}{10 \times 4.97^2}\right) + (0.00115)^2} = 0.00282$$

ตรวจสอบความมีนัยสำคัญของความลำเอียง ซึ่งต้องพิจารณาว่าค่าคืนกลับแตกต่างจาก 1 หรือไม่ โดยใช้ t-test

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{|1 - \bar{R}_m|}{u(\bar{R}_m)} = \frac{|1 - 0.9884|}{0.00282} = 4.11$$

พิจารณาค่า  $t_{\text{คำนวณ}}$  เทียบกับค่า coverage factor (k) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % มีค่าเท่ากับ 2 จะเห็นว่า  $t_{\text{คำนวณ}}$  มีค่ามากกว่า 2 ดังนั้นค่าคืนกลับจึงแตกต่างจาก 1 อย่างมีนัยสำคัญ คำนวณ  $u(\bar{R}_m)''$  โดยนำค่าความลำเอียงไปรวมกับค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด ดังนี้

$$\frac{u(\bar{R}_m)''}{\bar{R}_m} = \sqrt{\left(\frac{1 - \bar{R}_m}{k}\right)^2 + u(\bar{R}_m)^2} = \sqrt{\left(\frac{1 - 0.9884}{2}\right)^2 + (0.00282)^2} = 0.0064$$

-  $u(\bar{R}_s)$  หาได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคืนกลับเฉลี่ยของตัวอย่างตลอดช่วงใช้งาน

$$\frac{u(\bar{R}_s)}{\bar{R}_s} = \text{SD} = 0.0423 \text{ mg/L}$$

คำนวณค่าความไม่แน่นอนรวมของความลำเอียง

$$\frac{u(R)}{R} = \sqrt{\left(\frac{u(\bar{R}_m)''}{\bar{R}_m}\right)^2 + \left(\frac{u(\bar{R}_s)}{\bar{R}_s}\right)^2} = \sqrt{0.0064^2 + 0.0423^2} = 0.0428$$

3) ค่าความไม่แน่นอนแหล่งอื่น ๆ

การศึกษาความลำเอียงและความเที่ยงของวิธีทดสอบมีการใช้ปิเปตและขวดวัดปริมาตรขนาดต่าง ๆ แบบสุ่มในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ผลกระทบของเครื่องแก้ว

เชิงปริมาตรที่ใช้และภาวะแวดล้อมจึงได้รวมไว้กับค่าความไม่แน่นอนจากความลำเอียงและความเที่ยงแล้ว

### 3.2.3 คำนวณค่าความไม่แน่นอน

มาตรฐานรวมและค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1) คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม

$$\begin{aligned} \frac{u_c}{C} &= \sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u_{\text{rep}}}{\bar{X}}\right)^2} = \sqrt{0.0428^2 + 0.0342^2} = 0.0548 \\ u_c &= 0.0548 \times 2.0 = 0.1096 \text{ } \mu\text{g/L} \end{aligned}$$

2) คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$$U = k u_c = 2 u_c = 2 \times 0.1096 = 0.2191 \text{ } \mu\text{g/L}$$

3.2.4 การรายงานผล      ปรอก =  $2.00 \pm 0.22 \text{ } \mu\text{g/L}$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



### 3.3 การเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากแนวทาง ISO/GUM และแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี

ตารางที่ 1 จะเห็นว่าแนวทาง ISO/GUM มีแหล่งค่าความไม่แน่นอนจำนวนมากที่ได้จากการพิจารณาขั้นตอนการทดสอบ เครื่องมือหลัก เครื่องแก้วเชิงปริมาตร รวมทั้งสารมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ส่วนแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธีพิจารณาแหล่งค่าความไม่แน่นอนในภาพรวมโดยใช้ค่าความไม่แน่นอนจากการศึกษาความลำเอียงและความเที่ยงของวิธีทดสอบ ซึ่งได้มีการรวมผลกระทบจากเครื่องแก้วและภาวะแวดล้อมไว้แล้ว

### 4. สรุป (Conclusion)

การศึกษาพบว่าค่าความไม่แน่นอนการวัดปริมาณปรอทในน้ำที่ได้จากแนวทาง ISO/GUM มีค่าเท่ากับ 8.5 % ส่วนค่าความไม่แน่นอนการวัดที่ได้จากแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี เท่ากับ 11% แต่การประมาณค่าความไม่แน่นอนตามแนวทาง ISO/GUM มีแหล่งค่าความไม่แน่นอนที่ต้องพิจารณาจำนวนมากจึงต้องใช้เวลามากกว่าแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธีจึงอาจเป็นทางเลือกของห้องปฏิบัติการทดสอบได้เนื่องจากเป็นวิธีที่ดำเนินการได้ง่ายและสะดวกกว่าอย่างไรก็ตามการเลือกใช้แนวทางใดห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณค่าความไม่แน่นอนจากแนวทาง ISO/GUM และแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี

แหล่งค่าความไม่แน่นอน	ค่าความไม่แน่นอนในรูปแบบ relative standard uncertainty	
	แนวทาง ISO/GUM	แนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของวิธี
ความเที่ยง ( $u_{pre}$ )	0.0342	0.0342
ปริมาตรตัวอย่าง ( $u_{V_{sample}}$ )	0.00128	-
ปริมาตรเบลงค์ ( $u_{V_{blank}}$ )	0.00128	-
$u(c_0)$	0.02285	
$u_{std}$	0.013	
ความลำเอียง ( $u(\bar{R}_m)''$ )	-	0.0064
ความลำเอียง ( $u(\bar{R}_S)$ )	-	0.0423
ค่าความไม่แน่นอนขยาย(U) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, $\mu\text{g/L}$	0.17	0.22
ผลการวัดปรอท, $\mu\text{g/L}$	2.0	2.0
คิดเป็นร้อยละ	8.5	11.0

ต้องพิจารณาความเหมาะสมแก่วัตถุประสงค์การใช้งานเป็นหลักรวมทั้งพิจารณาค่าใช้จ่ายประกอบด้วย (4) การประมาณค่าความไม่แน่นอนที่กล่าวในบทความนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีทดสอบที่มีการวัดโดย

เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เช่น การทดสอบด้วย UV-VIS, FAAS, GFASS, ICP-OES, ICP-MS

## 5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในกลุ่มน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคและอุตสาหกรรม โครงการเคมี และเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ช่วยเหลือเป็นกำลังใจให้การดำเนินงานใน ครั้งนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

## 6. เอกสารอ้างอิง (Reference)

(1) มลพิษจากโลหะหนัก. (Online). (อ้างถึง วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2557). เข้าถึงจาก: [http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2\\_airpolution11.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2_airpolution11.htm).

(2) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : มอก. 257-2549. น้ำบริโภค.

(3) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. ISO/IEC 17025 : 2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

(4) EURACHEM/ CITAC. Guide CG4 : quantifying uncertainty in analytical measurement, 3<sup>rd</sup> ed. (Online). 2012. (Viewed 18 April 2014). Available from: <http://www.eurachem.org>.

(5) BARWICK, V.J., and S.L.R. ELLISON. VAM Project 3.2.1 development and harmonisation of measurement uncertainty principles. Part(d) : protocol for uncertainty evaluation from validation data. Version 5.1.2000. (Viewed 18 April 2014). Available from: [http://www.sadcmet.org/waterpt/disc%202/measurement%20uncertainty/at01\\_VAM\\_uncertainty.pdf](http://www.sadcmet.org/waterpt/disc%202/measurement%20uncertainty/at01_VAM_uncertainty.pdf)

(6) AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, and WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22<sup>nd</sup> ed. Washington, D.C. : American Public Health Association, 2012, Part 3500-Hg.

(7) EURACHEM. Guide: the fitness for purpose of analytical methods, a laboratories guide for method validation and related topics. (Online). 1998 - (18 April 2014). Available from: <http://www.eurachem.org>.