



台灣自來水股份有限公司

109 年度

氟鹽電極法之溫度控制探討

研究單位：第十二區管理處水質課

研究人員：工程員 田立宇

研究期程：108 年 4 月至 108 年 12 月

摘要

本研究係以氟選擇性電極法量測水中氟離子之氧化電位並探討溫度對電位之影響。當檢量線與查核樣品保持在同一溫度(分別為20°C、25°C與30°C)下量測，其查核樣品回收率分別為98.7%、98.3%、98.3%，因此樣品與檢量線保持在同一種溫度下分析，結果不受溫度影響。當檢量線(溫度25°C)與查核樣品(溫度20°C ~ 30°C)保持在不同溫度下量測，電位受溫度影響甚劇，溫度愈低，其電位也會愈低，反之亦然。

挑選查核樣品溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ 之數據進行單因子變異數分析，經計算 F_0 值為7.23，查F分配表後 $F_{0.95, 6, 14}$ 為2.85，7.23大於2.85，因此在溫度 $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 下所量測結果相等之假設並不成立，故檢量線與樣品溫度不可在相差 $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 下進行量測。

相同的量測結果，挑選查核樣品溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 之數據，亦進行單因子變異數分析，經計算 F_0 值為2.79，查F分配表後 $F_{0.95, 4, 10}$ 為3.48，2.79小於3.48，即可得溫度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 所量測結果相等之假設，故檢量線與樣品溫度可在相差 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 下進行量測。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
壹、緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究背景與目的.....	1
貳、文獻回顧.....	2
第一節 電極法之基本原理.....	2
第二節 參比電極.....	3
第三節 指示電極.....	5
參、實驗方法.....	9
第一節 實驗藥品.....	9
第二節 實驗儀器.....	9
第三節 實驗流程.....	10
第四節 實驗步驟.....	10

肆、結果與討論.....	12
第一節 氟鹽電極法溫度變化測試.....	12
第二節 單因子變異數分析.....	13
伍、結論.....	16
陸、參考文獻.....	17
附件.....	18

圖目錄

圖 2-1 能斯特方程式.....	2
圖 2-2 甘汞電極.....	3
圖 2-3 銀/氯化銀電極.....	4

表目錄

表 2-1 不同濃度 KCl 於 25°C 之甘汞電極電位.....	4
表 2-2 不同濃度 KCl 於 25°C 之銀/氯化銀電極電位.....	5
表 4-1 20°C、25°C 及 30°C 之查核樣品回率.....	12
表 4-2 不同溫度之查核樣品回收率.....	13
表 4-3 21°C ~ 29°C 之氟鹽分析絕對量.....	13
表 4-4 單因子變異數分析表.....	14
表 4-5 21°C ~ 29°C 氟鹽單因子變異數分析表.....	14
表 4-6 22°C ~ 28°C 氟鹽單因子變異數分析表.....	15

壹、緒論

第一節 前言

電化學主要在研究電能與化學能之間的轉換，應用相當廣範，例如電解、電鍍等。也能此應用於生活上，例如電池。其中電極法是電化學中的分枝，係利用不同物質間，會有不同的電位(電動勢)，這些差異可以幫助我們了解這些物質的特性。

第二節 研究背景與目的

氟鹽選擇性電極法所量測之範圍相當廣泛，例如：飲用水、地面水、地下水、放流水及廢(污)水等，皆可利用該方法加以量測，然此方法深受溫度影響，環保署環境檢驗所公告方法 NIEA413.52A 水中氟鹽檢測方法—氟選擇性電極法中，也未提及適當之量測溫度範圍，若訂定出該方法之溫度量測範圍，必能提升檢驗數據之準確性。

本實驗利用氟選擇性電極法，在不同溫度下所量測之數據，利用統計方法，訂定出適當之量測範圍。

貳、文獻回顧

第一節 電極法之基本原理

電化學中，電極法所量測的參數相當多，例如：電位、電阻、電壓、電流、電導度等，其中電位測定法係利用參考電極與指示電極先將標準品之電動勢量測出來，之後所測得待測物之電動勢再與標準品比較，並依照能斯特方程式(Nernst Equation)求得待測物之電位，最後轉換成濃度。

電位測定法所需之儀器較為簡單，包括一個電位測定裝置、一個參比電極與一個指示電極。

Nernst Equation	$E = E^0 + \left(\frac{RT}{nF} \right) \ln \left(\frac{a_{ox}}{a_{red}} \right)$
說明	
E 平衡電位	F 法拉第常數
E^0 標準電位	n 半反應式之電子轉移數
R 理想氣體常數	a_{ox} 氧化型化學物質濃度
T 絕對溫度	a_{red} 還原型化學物質濃度

圖 2-1 能斯特方程式

第二節 參比電極

電化學應用中，理想的電極，其電位是已知且穩定、再現性佳、簡單、耐用，對待測物質不反應，適合這種條件之電極，稱之為參比電極。較為常用的電極如：甘汞電極(SCE)與銀/氯化銀電極(SSE)。

1. 甘汞電極

甘汞電極包含已知濃度之氯化鉀、汞與飽及氯化亞(甘汞)。甘汞電極之製備相當容易，但是在高溫時量測其電位，數值不穩定且含劇毒汞。其電極表示法如下：

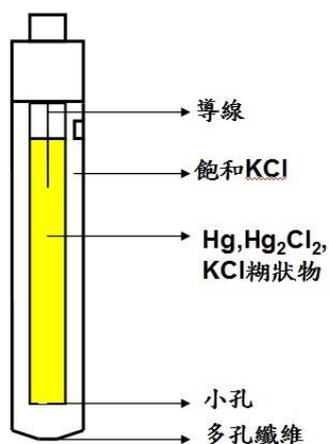
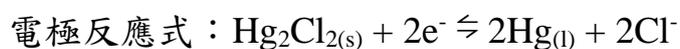


圖 2-2 甘汞電極

此外，在甘汞電極中，不同濃度之 KCl，在 25°C 下會有不同的標準電位(表 2-1)。

表 2-1 不同濃度 KCl 於 25°C 之甘汞電極電位

型號	次標準型	標準型	飽和型
KCl 濃度 (mol/L)	0.1	1	-
標準電位 E0(V)	0.3337	0.2801	0.2412

2. 銀/氯化銀電極

銀/氯化銀電極為市面上使用最廣泛的參比電極，由塗佈一層氯化銀的銀絲插入到飽和濃度或 3.5M 之氯化鉀溶液中所構成，其優點可以在 60°C 以上操作。電極表示法如下：

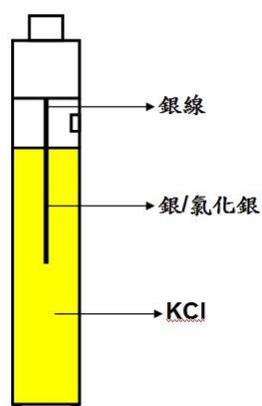


圖 2-3 銀/氯化銀電極

此外，不同濃度之 KCl，在 25°C 下會有不同的標準電位(表 2-2)。

表 2-2 不同濃度 KCl 於 25°C 之銀/氯化銀電極電位

銀/氯化銀電極		
KCl 濃度	3.5M	飽和
標準電位 E0(V)	0.205	0.119

第三節 指示電極

指示電極又稱工作電極，其電位隨著待測離子之濃度變化而變化，理想的指示電極，靈敏度高、對待測離子具有好的再現性。雖然沒有任何的指示電極有絕對的專一性，但仍有一定的選擇性。指示電極有兩種型式，金屬型與薄膜型。

1. 金屬指示電極

金屬指示電極大致上可分為四種：一級電極、二級電極、三級電極與金屬氧化還原電極。

(1) 一級電極

金屬-金屬離子電極：它被用來檢測陽離子之活性，但此電極並無廣地使用於電位測定上。以銅電極為例，該電極不能在待測物中含有 Ag^+ 檢測 Cu^{2+} ，因為 Ag^+ 會在銅表面上還原。其次，金屬容易氧化，檢測時，需在無氧的條件下進行。除此之外，某些金屬，例如：鐵、鈷、鎳及鉻等，再現性較差。

(2) 二級電極

金屬-金屬難溶鹽類電極：金屬電極和陰離子產生沉澱或形成穩定之錯合離子。

(3) 三級電極

一種金屬在特定狀況下可對不同的陽離子有所感應。

(4) 惰性金屬電極

由金、鉑、鈱或其它惰性金屬所製成的電極，這些惰性金屬不參與反應，僅做為電子傳遞的場所。

2. 薄膜指示電極

薄膜指示電極又稱為「離子選擇性電極」或「p離子電極」，它對於溶液中之待測物有所反應，其電位取決於離子在薄膜上交換及擴散作用之結果。它具有以下性質。

(1) 溶解性小：離子選擇介質於待測溶液中(通常是水溶液)，溶解性相當小。

(2) 導電性：電極之薄膜須具有一定的導電性，使電荷能在薄膜內外移動。

(3) 選擇性：電極對待測物有所選擇性，常見之結合型式有三種，離子交換、結晶與錯合。其中前二者使用較為廣泛。常見之離子選擇性電極可分為二類，晶體與非晶體。

A. 晶體薄膜電極

單晶體以 LaF_3 為例，該化合物用於製備氟離子選擇性電極，可用來測定 F^- 。一般而言，氟離子選擇性電極相當耐用，其優點可於 $0^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 下使用、靈敏度可達 10^{-6}M (0.02mg/L)，缺點是待測物溶液於 $\text{pH} < 5$ 或 $\text{pH} > 8$ 時，會干擾量測結果。除此之外，其他尚有多晶體或混合晶體製備而成的電極。

B. 非晶體薄膜電極

常見的非晶體薄膜電極為「玻璃薄膜指示電極」，例如 pH 電極，該電極膜內外測之 H^+ 不同，其電位也會利用此電位差可用於量測溶液之 pH。此電極的優點，可以量測一定黏滯性液體，且受到干擾物（例如強還原劑、強氧化劑、蛋白質或氣體）影響較小。但某些情形會造成量測時的誤差。

(a) 鹼誤差：當溶液 $\text{pH} > 11$ 時，電極對鹼金屬離子有所感應。

(b) 酸誤差：當待測物溶液 $\text{pH} < 0.5$ 時不穩定。

(c) 過度乾燥：電極液揮發後，電極會不穩定。

(d) 溶液離子強度過低：當溶液中離子含量過低時，量測值不具再現性。

(e) 標準緩衝溶液：細菌對標準緩衝溶液中之有機成分作用，造成校正時之誤差。

除此之外，非晶體薄膜電極尚有液膜電極、由聚合物所製備而成的電極以及生物催化薄膜電極。其中生物催化薄膜電極，結合了酵素催化反應，用以量測生物及生化相關的化合物，具有高度的選擇性。

參、實驗方法

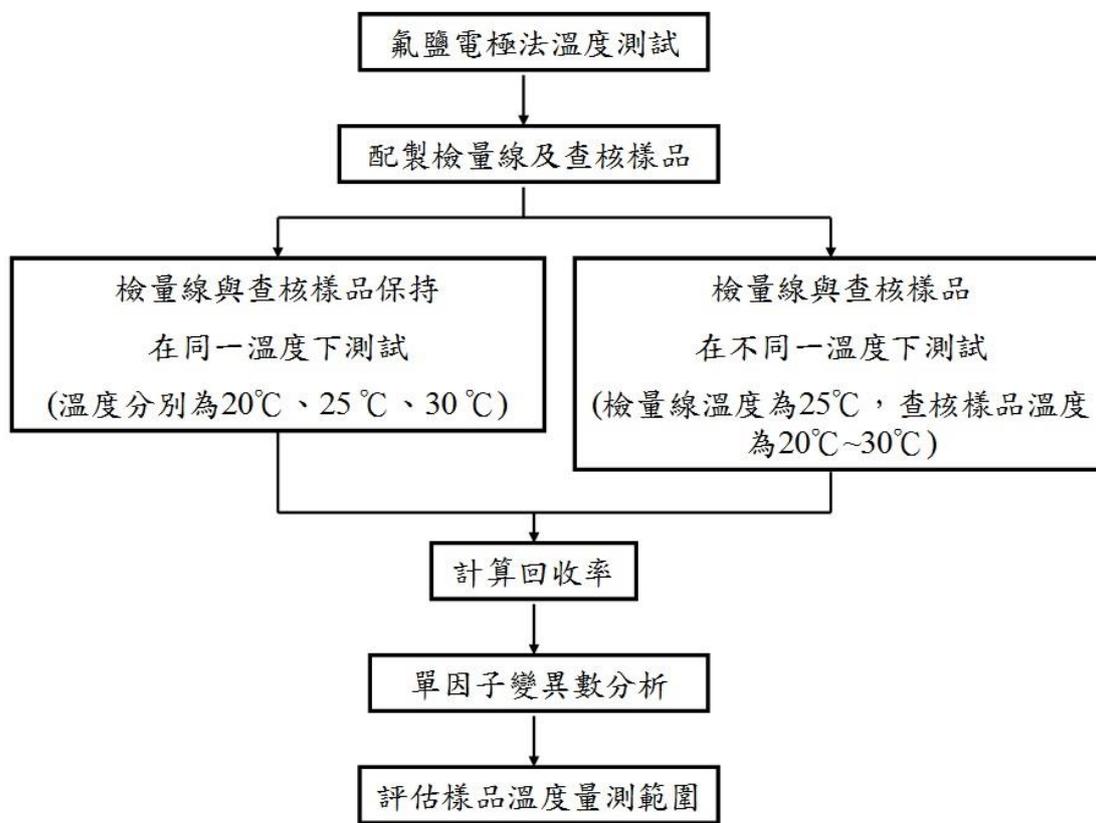
第一節 實驗藥品

藥品名稱	化學式	純度	供應商
氟鹽標準液 (1000 mg/L)	NaF in H ₂ O	99%	Merk
氟鹽電極液	-	-	Thermo
總離子強度調節緩衝劑	-	-	HACH

第二節 實驗儀器

儀器名稱	型號	供應商
氟鹽測定器	inoLab pH/Ion 735	WTW
氟鹽電極	9609BNWP	Thermo
恆溫裝置	Mir452	SANYO
水浴器	BC2D 24L	WISDOM
磁石攪拌器	MS-90	Fargo

第三節 實驗流程



第四節 實驗步驟

(一) 氟電極斜率檢查：(參考原廠電極操作說明書)

1. 氟鹽中間溶液，10 mg/L：取 1 mL 氟鹽儲備溶液(1000 mg/L 於內含少量試劑水之 100 mL 量瓶中並定容之。
2. 氟鹽中間溶液，1 mg/L：取 10 mL 氟鹽溶液(10 mg/L)於內含少量試劑水之 100 mL 量瓶中並定容之。
3. 取 10 mg/L 氟鹽中間溶液 25 mL 於 50 mL 燒杯中。
4. 加入一顆總離子強度調節緩衝劑粉末，以磁石攪拌器攪拌
溶液使其混合均勻。
5. 將電極浸入溶液中待至電位穩定(至少三分鐘以上)時，讀取電位值(mV)，並紀錄溫度。
6. 測定後以試劑水淋洗電極並輕拭使乾。

7. 再取 1 mg/L 氟鹽中間溶液 25 mL 於 50 mL 燒杯中。
8. 依步驟 4 至 6 執行。
9. 計算二者之電位差，須在 54 ~ 60 mV 之內。若符合即氟電極斜率檢查合格，可使用之。

(二) 檢量線製備:

1. 分別取 1 mg/L 氟鹽溶液 2 mL、3 mL、5 mL 及 10 mg/L 氟鹽溶液 1 mL、2 mL，於內含少量試劑水之 50 mL 量瓶中並定容之置於水浴器中。配成一系列氟鹽檢量線標準溶液，其最高濃度範圍不超過 10 mg F⁻/L。
2. 取上述一系列氟鹽檢量線標準溶液各 25 mL 於 50 mL 燒杯中（計算其相當絕對量 $\mu\text{g F}^-$ ）。
3. 加入一顆總離子強度調節緩衝劑粉末，以磁石攪拌器攪拌溶液使其混合均勻。
4. 將電極浸入溶液中待至電位穩定(至少三分鐘以上)時，讀取電位值(mV)並紀錄溫度。
5. 每次測定後均以試劑水淋洗電極並輕拭使乾。
6. 以氟離子絕對量($\mu\text{g F}^-$)取其對數值與電位值(mV)製備檢量線。
7. 氟鹽查核中間溶液，5 mg/L：取 1 mL 氟鹽查核儲備溶液(1000 mg/L)於內含少量試劑水之 200 mL 量瓶中並定容之。
8. 檢量線確認(CCV)：取氟鹽查核中間溶液配成檢量線中間濃度(約最高點濃度之 1/2)。依步驟(二) 3 至 5 檢驗。

(三) 查核樣品檢測：

取氟鹽查核中間溶液配成檢量線中間濃度(約最高點濃度之 1/2)。依步驟(二) 3 至 5 檢驗並紀錄溫度。

註：檢量線查核(CCK)配製同檢量線確認(CCV)。

肆、結果與討論

第一節 氟鹽電極法溫度變化測試

(一) 檢量線與樣品保持在同一溫度

配製氟鹽檢量線，濃度為 0.04mg/L、0.06 mg/L mg/L、0.10 mg/L、0.20 mg/L 及 0.40 mg/L(絕對量分別為 1.0 ugF⁻、1.5 ugF⁻、2.5 ugF⁻、5.0 ugF⁻及 10.0ugF⁻)，查核樣品濃度為 0.1996mg/L(絕對量 4.99ugF⁻)，測試時皆取 25mL 分析之。

將檢量線及查核樣品保持在三種溫度(20°C、25°C及 30°C)下進行測試(實驗數據詳附件一 ~ 三)，該樣品之回收率分別為 98.7%、98.3%及 98.3%(表 4-1)。因此當檢量線與樣品保持在同一溫度下分析，其結果將可不受溫度之影響。

表 4-1 20°C、25°C及 30°C之查核樣品回收率

檢驗日期	檢量線溫度(°C)	查核樣品溫度(°C)	回收率(%)
108.4.25	25	25	98.7
108.5.2	20	20	98.3
108.5.4	30	30	98.3

(二) 檢量線與樣品保持在不同溫度

將檢量線保持在25°C，改變查核樣品溫度後分析之(實驗數據詳附件四~九)。以實驗日期109.4.19數據為例(表4-2)，當查核樣品溫度在20°C、23°C、25°C、27°C及30°C時，其回收率分別為117.9%、98.9%、97.2%、95.7%及91.5%。測試結果顯示，溫度會影響其電位值，當溫度愈低，電位值亦會愈低，反之亦然，其他檢驗日期，其結果亦是如此。

表 4-2 不同溫度之查核樣品回收率

檢驗日期	檢量線溫度(°C)	查核樣品溫度(°C)	回收率(%)
109.4.19	25	20.1	117.85
	25	23.1	98.86
	25	25.0	97.26
	25	27.0	95.68
	25	29.9	91.47

第二節 單因子變異數分析

將21°C~29°C之氟鹽分析絕對量數據(表4-3)，在0.95的顯著水準下利用表4-4進行單因子變異數分析。假設七種溫度下所檢測的結果可視為相等。

表4-3 21°C ~ 29°C之氟鹽分析絕對量

溫度(°C)	21	22	23	25	27	28	29	-
分析絕對量(µg)	5.23	5.10	4.93	5.25	5.25	4.60	4.51	-
	5.28	5.22	4.85	4.98	4.92	4.70	4.57	-
	5.36	5.16	4.77	4.72	4.65	4.73	4.67	-
總和	15.87	15.48	14.55	14.95	14.82	14.03	13.75	103.45

表4-4 單因子變異數分析表

變異數的來源	平方和	自由度	均方	F ₀ 值
平均數	SSC	k-1	$S1 = \frac{SSC}{k-1}$	$\frac{S1}{S2}$
誤差	SSE	k(n-1)	$S2 = \frac{SSE}{k(n-1)}$	
總和	SST	nk-1		

$$SST = 5.23^2 + 5.28^2 + \dots + 4.67^2 - \frac{103.45^2}{21} = 1.49$$

$$SSC = \frac{15.87^2 + 15.48^2 + 14.55^2 + 14.95^2 + 14.82^2 + 14.03^2 + 13.75^2}{3} - \frac{103.45^2}{21}$$

$$= 1.13$$

$$SSE = SST - SSC = 0.36$$

$$n = 3, k = 7$$

表4-5 21°C~29°C 氟鹽單因子變異數分析表

變異數的來源	平方和	自由度	均方	F ₀ 值
平均數	1.13	6	0.188	7.23
誤差	0.36	14	0.026	
總和	1.49	20		

經計算，F₀值為7.23；查F分配表(附件十)，F_{0.95, 6, 14} = 2.85
 7.23 > 2.85，亦即可得七種溫度下所量測結果相等之假設並不成立，故檢量線與樣品溫度不可在相差±4°C下進行量測。

相同的量測結果，挑選22°C~28°C之數據，亦利用單因子變異數分析法進行分析。

$$SST = 5.10^2 + 5.22^2 + \dots + 4.73^2 - \frac{73.83^2}{15} = 0.72$$

$$SSC = \frac{15.48^2 + 14.55^2 + 14.95^2 + 14.82^2 + 14.03^2}{3} - \frac{73.83^2}{15} = 0.38$$

$$SSE = 0.72 - 0.38 = 0.34$$

$$n = 3, k = 5$$

表4-6 22°C~28°C 氟鹽單因子變異數分析表

變異數的來源	平方和	自由度	均方	F ₀ 值
平均數	0.38	4	0.095	2.79
誤差	0.34	10	0.034	
總和	0.72	14		

經計算，F₀值為2.79；查F分配表(附件十)，F_{0.95, 4, 10} = 3.48，
2.79 < 3.48，亦即可接受五種溫度下所量測結果相等之假設，故檢量
線與樣品溫度可在相差±3°C下進行量測。

伍、結論

本研究以氟選擇性電極法量測水中氟離子之氧化電位，係在特定溫度下，於待測物中，加入總離子強度調節緩衝劑，將氟鹽複合物轉換成氟離子，量測其電位，最後探討溫度對量測值之影響。

以本實驗而言，檢量線與查核樣品保持在三種溫度(20°C、25°C與30°C)下進行量測，其查核樣品回收率分別為98.7%、98.3%、98.3%，因此樣品與檢量線保持在同一種溫度下分析，結果不受溫度影響。

檢量線(溫度25°C)與查核樣品(溫度20°C ~ 30°C)在不同溫度下進行測試。其結果顯示，電位值深受溫度影響，溫度愈低，其電位值也愈低，反之亦然。

挑選查核樣品溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ 之數據，進行單因子變異數分析，經計算 F_0 值為7.23，查F分配表後， $F_{0.95, 6, 14}$ 為2.85，7.23大於2.85，因此在溫度 $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 下所量測結果相等之假設並不成立，故檢量線與樣品溫度不可在相差 $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 下進行量測。

相同的量測結果，挑選查核樣品溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 之數據，亦進行單因子變異數分析，經計算 F_0 值為2.79，查F分配表後， $F_{0.95, 4, 10}$ 為3.48，2.79小於3.48，即可得溫度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 所量測結果相等之假設，故檢量線與樣品溫度可在相差 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 下進行量測。

陸、參考文獻

- 【1】林敬二,儀器分析,1997
- 【2】許美方,116-117期檢驗方法基本原理與技術講習班,水質分析
原理及技術,106年
- 【3】彭游;吳水丕,生物統計學,86年2月
- 【4】環檢所,NIEA413.52A水中氟鹽檢測方法—氟選擇性電極法,
93年9月15日
- 【5】台灣自來水股份有限公司第十二區管理處水質課,氟鹽檢測作
業規範,107年5月15日

附件一

檢驗日期：108.4.25

項目：25°C之氟鹽檢驗數據

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (μg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	218.3	163.8	154.8	141.9	124.7	107.3
溫度(°C)	25.1	24.9	24.9	25.0	25.2	25.1

$Y = a \log X + b$ $a = -56.81285$ $b = 164.32712$ $r = -0.99986$

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (μg)	電位值 (mV)	絕對量 (μg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎要求
檢量線確認	4.99	126.0	4.72738	-5.3	25.1	是
檢量線查核	4.99	123.2	5.29548	6.1	24.9	是

25°C 氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (μg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	218.0	0.11357	0.00454	25.1	-
查核樣品	查核	125.0	4.92292	0.19692	25.0	98.66

附件二

檢驗日期：108.5.2

項目：20°C之氟鹽檢驗數據

20°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (µg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	218.3	156.7	149.0	136.4	118.8	101.3
溫度(°C)	19.8	19.9	19.9	20.1	20.0	20.1

Y=a log X+b a=-56.12955 b=157.95650 r=-0.99918

20°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (µg)	電位值 (mV)	絕對量 (µg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	119.5	4.84326	-2.9	20.0	是
檢量線查核	4.99	118.1	5.12956	2.8	19.9	是

20°C 氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (µg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	218.5	0.08344	0.00334	20.1	-
查核樣品	查核	119.2	4.90324	0.19613	19.9	98.26

附件三

檢驗日期：108.5.4

項目：30°C之氟鹽檢驗數據

30°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (µg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	223.3	164.4	155.3	142.3	125.0	108.5
溫度(°C)	30.0	30.1	29.8	30.0	29.8	29.9

$Y = a \log X + b$ $a = -56.35814$ $b = 164.72042$ $r = -0.99988$

30°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (µg)	電位值 (mV)	絕對量 (µg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	125.7	4.92454	-1.3	30.1	是
檢量線查核	4.99	125.6	4.94470	-0.9	30.0	是

30°C 氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (µg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	223.0	0.09245	0.00370	30.1	-
查核樣品	查核	119.2	4.90324	0.19613	30.1	98.29

附件四

檢驗日期：108.4.19

項目：不同溫度之氟鹽查核樣品檢驗數據

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (μg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	222.0	162.7	154.1	141.9	124.2	106.8
溫度(°C)	25.0	24.8	25.1	25.0	25.1	25.0

$Y = a \log X + b$ $a = -56.34725$ $b = 163.55547$ $r = -0.99958$

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (μg)	電位值 (mV)	絕對量 (μg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	124.9	4.85313	-2.7	25.0	是
檢量線查核	4.99	122.2	5.41925	8.6	24.8	是

不同溫度氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (μg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	222.3	0.09067	0.00363	25.1	-
查核樣品	查核	120.2	5.88076	0.23523	20.1	117.85
查核樣品	查核	124.5	4.93311	0.19732	23.1	98.86
查核樣品	查核	124.9	4.85313	0.19413	25.0	97.26
查核樣品	查核	125.3	4.77445	0.19098	27.0	95.68
查核樣品	查核	126.4	4.56459	0.18258	29.9	91.47

附件五

檢驗日期：108.4.20

項目：不同溫度之氟鹽查核樣品檢驗數據

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (μg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	222.0	162.1	153.7	141.2	123.3	106.0
溫度(°C)	25.1	25.0	25.1	24.8	25.0	25.0

*檢驗日期 107/04/20 Y=a logX+b a=-56.70782 b=163.03938 r=-0.99953

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (μg)	電位值 (mV)	絕對量 (μg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	123.4	5.00047	0.2	25.1	是
檢量線查核	4.99	120.9	5.53473	10.9	24.8	是

不同溫度氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (μg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	219.5	0.10101	0.00404	24.9	-
查核樣品	查核	119.2	5.93027	0.23721	20.0	118.84
查核樣品	查核	122.2	5.25015	0.21001	23.0	105.21
查核樣品	查核	123.5	4.98021	0.19921	25.2	99.80
查核樣品	查核	124.8	4.72414	0.18897	27.2	94.67
查核樣品	查核	127.3	4.26813	0.17073	29.9	85.53

附件六

檢驗日期：108.4.25

項目：不同溫度之氟鹽查核樣品檢驗數據(檢量線、檢量線查核及
 確認同附件一)

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (µg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	218.3	163.8	154.8	141.9	124.7	107.3
溫度(°C)	25.1	24.9	24.9	25.0	25.2	25.1

$Y = a \log X + b$ $a = -56.81285$ $b = 164.32712$ $r = -0.99986$

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (µg)	電位值 (mV)	絕對量 (µg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合 乎要求
檢量線確認	4.99	126.0	4.72738	-5.3	25.1	是
檢量線查核	4.99	123.2	5.29548	6.1	24.9	是

不同溫度氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (µg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	218.0	0.11357	0.00454	25.1	-
查核樣品	查核	120.7	5.86016	0.23441	20.0	117.44
查核樣品	查核	123.4	5.25273	0.21011	23.0	105.27
查核樣品	查核	125.0	4.92292	0.19692	25.0	98.66
查核樣品	查核	126.4	4.65136	0.18605	27.0	93.21
查核樣品	查核	129.3	4.13557	0.16542	29.9	82.88

附件七

檢驗日期：108.9.25

項目：不同溫度之氟鹽查核樣品檢驗數據

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (μg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	215.3	161.5	151.0	140.2	122.5	105.2
溫度(°C)	25.1	25.1	25.1	25.0	25.2	24.9

$Y = a \log X + b$ $a = -56.01038$ $b = 161.54233$ $r = -0.99963$

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (μg)	電位值 (mV)	絕對量 (μg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	122.9	4.89682	-1.9	24.8	是
檢量線查核	4.99	123.0	4.87673	-2.3	25.1	是

不同溫度氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (μg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	216.0	0.10659	0.00426	25.1	-
查核樣品	查核	121.3	5.22974	0.20919	21.1	104.80
查核樣品	查核	121.9	5.10232	0.20409	22.1	102.25
查核樣品	查核	123.1	4.85672	0.19427	25.0	97.33
查核樣品	查核	124.4	4.60398	0.18416	28.0	92.26
查核樣品	查核	124.9	4.51031	0.18041	29.0	90.39

附件八

檢驗日期：108.9.28

項目：不同溫度之氟鹽查核樣品檢驗數據

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (µg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	214.8	159.6	152.5	141.2	123.1	104.9
溫度(°C)	25.1	25.0	25.0	25.1	24.9	25.0

$Y = a \log X + b$ $a = -55.43280$ $b = 161.45976$ $r = -0.99780$

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (µg)	電位值 (mV)	絕對量 (µg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	122.8	4.98215	-0.2	24.9	是
檢量線查核	4.99	123.4	4.85951	-2.6	25.0	是

不同溫度氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (µg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	215.0	0.10818	0.00433	24.9	-
查核樣品	查核	121.4	5.28047	0.21122	21.1	105.82
查核樣品	查核	121.7	5.21507	0.20860	22.0	104.51
查核樣品	查核	122.9	4.96150	0.19846	25.1	99.43
查核樣品	查核	124.2	4.70068	0.18803	28.0	94.20
查核樣品	查核	124.9	4.56597	0.18264	29.0	91.50

附件九

檢驗日期：108.10.4

項目：不同溫度之氟鹽查核樣品檢驗數據

25°C 氟鹽檢量線

項目	空白	1	2	3	4	5
標準品濃度 (mg/L)	0	0.04	0.06	0.10	0.20	0.40
標準品絕對量 (μg)(X)	-	1.0	1.5	2.5	5.0	10.0
絕對量對數值 (log X)	-	0.000000	0.176091	0.397940	0.698970	1.000000
電位值(mV)(Y)	216.0	159.9	152.1	140.6	122.7	105.4
溫度(°C)	25.0	25.1	25.0	24.9	24.9	24.9

$Y = a \log X + b$ $a = -55.14740$ $b = 161.21002$ $r = -0.99890$

25°C 氟鹽檢量線查核及確認

標準品	標準品絕對量 (μg)	電位值 (mV)	絕對量 (μg)	誤差 (%)	溫度 (°C)	是否合乎 要求
檢量線確認	4.99	123.2	4.88927	-2.0	24.9	是
檢量線查核	4.99	123.9	4.74844	-4.8	24.8	是

不同溫度氟鹽查核樣品檢驗紀錄

樣品編號	品管類別	電位值 (mV)	分析絕對量 (μg)	樣品濃度 (mg/L)	溫度 (°C)	回收率 (%)
空白樣品	方法空白	215.7	0.10278	0.00411	25.0	-
查核樣品	查核	121.0	5.35966	0.21439	21.1	107.41
查核樣品	查核	121.9	5.16199	0.20648	22.0	103.45
查核樣品	查核	122.6	5.01330	0.20053	25.0	100.47
查核樣品	查核	124.0	4.72865	0.18915	28.1	94.76
查核樣品	查核	124.3	4.66979	0.18679	29.0	93.58

附件十

F 分配表

$$P(F > F_{\alpha, v_1, v_2}) = \alpha = 0.05$$

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.4476	199.5000	215.7073	224.5832	230.1619	233.9860	236.7684	238.8827	240.5433	241.8817
2	18.5128	19.0000	19.1643	19.2468	19.2964	19.3295	19.3532	19.3710	19.3848	19.3959
3	10.1280	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988	5.9644
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.0990	4.0600
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767	3.6365
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962	2.8536
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.6710
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377	2.4935
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943	2.4499
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563	2.4117
19	4.3807	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227	2.3779
20	4.3512	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928	2.3479
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3660	2.3210
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419	2.2967
23	4.2793	3.4221	3.0280	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201	2.2747
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002	2.2547
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821	2.2365
26	4.2252	3.3690	2.9752	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655	2.2197
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501	2.2043
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360	2.1900