

出國報告（出國類別：開會）

第 26 屆國際度量衡大會(CGPM)

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：陳玲慧副局長、夏純德簡任技正

派赴國家/地區：法國

出國期間：107 年 11 月 11 日至 107 年 11 月 18 日

報告日期：108 年 1 月 23 日

摘 要

2018 年第 26 屆國際度量衡大會 (General Conference on Weights and Measures, CGPM) 於 11 月 13 日至 11 月 16 日假法國凡爾賽市召開，我國前於 2002 年 6 月間加入 CGPM 成為仲會員(Associate)，並簽署 CIPM MRA；本次會議我國係以仲會員身分受邀出席，並由經濟部標準檢驗局、財團法人工業技術研究院及國家度量衡標準實驗室(Nation Measurement Laboratory, NML)派員出席。CGPM 為國際最高計量組織，主要成員為米制公約(Metre Convention)會員國，CGPM 則為米制公約下成立的會員大會；為利組織運作，依據 1875 年米制公約設立國際度量衡局(International Bureau of Weights and Measures, BIPM)並創設國際度量衡委員會(International Committee for Weights and Measures, CIPM)，及由該公約會員國共同簽署國際度量衡委員會相互承認協議(CIPM MRA)。

本次會議重點摘要如下：

- 一、本次 CGPM 共通過 5 項決議(Resolution 1~Resolution 5)。
- 二、通過自 2019 年 5 月 20 日起國際單位制(International System of Units, SI)之基本單位以物理常數定義，其中銻 133 原子於未擾動激態的超精細躍遷頻率 $\Delta \nu_{Cs}$ 為 9 192 631 770 Hz(時間)、光在真空中的速度 c 是 299 792 458 m/s(長度)、普朗克常數 h 為 $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ J s(質量)、基本電荷 e 為 $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C(電流)、波茲曼常數 k 為 $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ J/K(熱力學溫度)、亞佛加厥常數 N_A 為 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol⁻¹ (物量)及頻率 540×10^{12} Hz 之單色輻射光的發光效能 K_{cd} 為 683 lm/W(光強度)(Resolution 1)。
- 三、關於 BIPM 2020 至 2023 年的預算，通過以每年 1 %的複合成長率成長，預算金額分別為 12,356,526 歐元(2020 年)、12,480,091 歐元(2021 年)、12,604,892 歐元(2022 年)及 12,730,941 歐元(2023 年)(Resolution 4)。
- 四、其他決議分別涉及時間尺度的定義(Resolution 2)、BIPM 的目標(Resolution 3)及會員欠款與排除程序(Resolution 5)。

名詞對照表

簡 稱	全 名	中 文
AFRIMETS	Intra-Africa metrology system	非洲計量體系
BIPM	International Bureau of Weights and Measures	國際度量衡局
CBKT	Capacity Building and Knowledge Transfer	能力建構及知識傳遞
CC	Consultative Committee	諮詢委員會
CCAUV	Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration	聲量/超音波/振動諮詢委員會
CCEM	Consultative Committee for Electricity and Magnetism	電量/磁量諮詢委員會
CCL	Consultative Committee for Length	長度諮詢委員會
CCM	Consultative Committee for Mass and Related Quantities	質量及相關量諮詢委員會
CCPR	Consultative Committee on Photometric and Radiometry	光輻射諮詢委員會
CCQM	Consultative Committee for Amount of Substance	物量諮詢委員會
CCRI	Consultative Committee for Ionizing Radiation	游離輻射諮詢委員會
CCT	Consultative Committee on Thermometry	溫度諮詢委員會
CCTF	Consultative Committee for Time and Frequency	時間與頻率諮詢委員會
CCU	Consultative Committee of SI Unites	國際單位諮詢委員會
CEEMS	Country and Economy Emerging Metrology System	新興國家和經濟體法定計量體系
CGPM	General Conference on Weights and Measures	國際度量衡大會
CIE	International Commission on Illumination	國際照明委員會
CIML	International Committee of Legal Metrology	國際法定計量委員會
CIPM	International Committee for Weights and Measures	國際度量衡委員會
CIPM MRA	CIPM Mutual Recognition Arrangement	國際度量衡委員會相互承認協議
CMC	Calibration and Measurement Capability	校正與量測能量
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique	法國國家科學研究中心
CTBTO	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization	全面禁止核試驗條約組織
DCMAS	Developing Countries Metrology Accreditation and Standards Network	開發中國家計量認證及標準網絡
DI	Designated Institute	指定機構
DOSEO	Doseo Technology Platform CEA SACLAY	國際放射治療和成像技術平台
EMPIR	European Metrology Programme for Innovation and Research	歐洲計量創新與研究計畫
FDI	Foreign Direct Investment	外商直接投資
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球導航衛星系統

GULFMET	Gulf Association for Metrology	波斯灣計量標準聯盟
GVC	Global Value Chain	全球價值鏈
IAEA	International Atomic Energy Agency	國際原子能總署
IAG	International Airlines Group	國際航空集團
IAU	International Astronomical Union	國際天文學聯合會
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements	國際輻射單位與量測委員會
IEA	International Energy Agency	國際能源總署
IEC	International Electrotechnical Commission	國際電工委員會
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	電機電子工程師學會
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine	國際臨床化學和實驗室醫學聯盟
IGS	International GNSS Service	國際全球導航衛星系統服務
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation	國際實驗室認證聯盟
InetQI	International Network of a common definition for Quality Infrastructure	國際品質基磐網絡
IoT	Internet of Things	物聯網
ISO	International Organization for Standardization	國際標準化組織
ISQ	International System of Quantities	國際數量系統
IVD	In Vitro Diagnostic Devices	體外診斷醫療器材
JCTLM	Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine	醫學實驗室量測追溯聯合委員會
JCRB	Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM	區域計量組織和國際度量衡局聯合委員會
JILA	Joint Institute for Laboratory Astrophysics	天體物理聯合研究所
KCDB	Key Comparison Data Base	關鍵比對資料庫
MoU	Memorandum of Understanding	合作備忘錄
MEMS	Microelectromechanical Systems	微機電系統
MPI	Max Planck Institute	德國馬克斯普朗克研究所
NIM	National Institute of Metrology	中國計量科學研究院
NIST	National Institute of Standards and Technology	美國國家標準與技術研究院
NMI	National Metrology Institute	國家計量機構
NMIJ	National Metrology Institute of Japan	日本國家計量研究院
NML	Nation Measurement Laboratory	國家度量衡標準實驗室
NQI	National Quality Infrastructure	國家品質基磐
OECD	Organization for Economic Cooperation and	經濟合作暨發展組織

	Development	
OIML	International Organization for Legal Metrology	國際法定計量組織
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	德國聯邦物理技術研究院
RMO	regional metrology organization	區域計量組織
SI	International System of Units	國際單位制
SDR	Software-Defined Radio	軟體無線電
SIR	International Reference System	國際參考系統
SSDL	Secondary Standard Dosimetry Laboratory	二級標準劑量實驗室
TAI	International Atomic Time	國際原子時
TC	Technical Committee	技術委員會
TT	Terrestrial Time	地面時間
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	聯合國工業發展組織
UME	National Metrology Institute of Turkey	土耳其國家計量院
UTC	Coordinated Universal Time	世界協調時間
WHO	World Health Organization	世界衛生組織
WMO	World Meteorological Organization	世界氣象組織
XRCD	X-Ray-Crystal-Density	X 光晶體密度法

目次

壹、目的	6 頁
貳、過程	7 頁
一、會議概述	7 頁
二、重要工作報告	9 頁
三、各領域諮詢委員會報告及國際單位制(SI)重新定義	15 頁
四、相關組織專題報告	20 頁
五、國際度量衡委員會委員改選	23 頁
六、大會重要決議摘錄	24 頁
七、參觀國際度量衡局實驗室	26 頁
參、心得及建議	27 頁
肆、附件	29 頁

壹、目的

國際度量衡大會(General Conference on Weights and Measures, CGPM)為國際最高計量組織，主要成員為米制公約(Metre Convention)會員國，CGPM是米制公約下成立的會員大會。為利組織運作，依據1875年米制公約設立國際度量衡局(International Bureau of Weights and Measures, BIPM)，並創設國際度量衡委員會(International Committee for Weights and Measures, CIPM)，及由該公約會員國共同簽署國際度量衡委員會相互承認協議(CIPM MRA)；我國於2002年6月間加入CGPM成為仲會員(Associate)，並簽署CIPM MRA。

會議當時CGPM計有102個會員，其中正會員(Member state) 60個、仲會員42個以及4個國際組織，佔全世界98 %的GDP。CGPM每4年舉辦一次，今年係召開第26屆CGPM會議。本屆會議重點為延續米制公約，對於經濟、科學及生活影響深遠的國際單位制(The International System of Units, SI)重新定義正式決議與發布，以及CIPM代表選舉會務、BIPM發展藍圖及預算等事項(詳附件1)。

我國代表團員計有經濟部標準檢驗局陳玲慧副局長、第四組夏純德簡任技正，財團法人工業技術研究院段家瑞協理、財團法人工業技術研究院歐洲辦事處陳芳祝副代表、國家度量衡標準實驗室林增耀主任及藍玉屏組長(財團法人工業技術研究院量測技術發展中心)等6位(詳附件2)。此行除瞭解仲會員的權利義務外，參與SI重新定義的決議與正式發布，並瞭解BIPM未來規劃及計量相關國際組織合作發展現況，建立國際互動關係與探詢未來對我國計量領域更有利的發展空間；另透過各諮詢委員會的報告了解各領域的技術發展趨勢，作為未來國家標準量測系統規劃參考，以提升我國各領域計量技術能量的競爭力。

貳、過程

一、會議概述

(一)本屆會議議程自 2018 年 11 月 13 日至 16 日於法國凡爾賽市舉行，會議重點包括 BIPM 2020~2023 年工作規劃與預算提案、各諮詢委員會(Consultative Committees, CCs)主席報告、SI 重新定義、改選 CIPM 委員、針對會議草案 5 項決議(Resolution A~Resolution E)進行投票。

(二)CGPM 會議由法國科學院(Académie des Sciences)院長 Dr. S. Candel 主持，並邀請到法國外交部(Minister of Foreign Affairs and International Development) Mr. B. Gallozol 致詞；另 CIPM 主席 B. Inglis 簡單致謝後，接著由 S. Candel 主持，任命本次會議秘書長為 J. McLaren(亦為 CIPM 秘書長)，並由 J. McLaren 唱名確認在場出席的會員國，以確認投票權。主席經詢問出席者對於會議議程無異議後，隨即開始會議，過程中 CIPM 主席 B. Inglis、BIPM 局長 M. Milton 及本次會議秘書長 J. McLaren 全程坐在台上。

(三)每日議程重點如下(詳附件 3-1~3-2)：

1、11 月 13 日(二)

(1)開幕致詞、建立投票代表名單、通過議程

(2)CIPM 主席報告自上屆 CGPM 會議後所完成之工作

(3)BIPM 局長報告 BIPM 的重要成就

(4)國際標準化組織(International Organization for Standardization, ISO)、世界銀行(World Bank)、國際實驗室認證聯盟(International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC)等代表報告

(5)時間與頻率諮詢委員會(Consultative Committee for Time and Frequency, CCTF)及長度諮詢委員會(Consultative Committee for Length, CCL)報告

(6)Resolution B 草案說明

(7)BIPM 捐助(dotation)工作小組成員提名

2、11月14日(三)

- (1) 聯合國工業發展組織(United Nations Industrial Development Organization, UNIDO)、中國計量科學研究院(National Institute of Metrology, NIM)、土耳其國家計量院(National Metrology Institute of Turkey, UME)、非洲計量體系(Intra-Africa Metrology System, AFRIMETS)等代表報告
- (2) BIPM 長期策略
- (3) BIPM 2020~2023 年工作規劃與預算提案
- (4) Resolution C、D 及 E 草案說明
- (5) 會員國欠款議題
- (6) BIPM 退休金及公積金議題
- (7) BIPM 捐助工作小組會議

3、11月15日(四)

- (1) BIPM 捐助工作小組中期報告
- (2) 美國國家標準與技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)、國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)、國際臨床化學和實驗室醫學聯盟(International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, IFCC)、醫學實驗室量測追溯聯合委員會(Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine, JCTLM)、全面禁止核試驗條約組織(Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, CTBTO)等代表報告
- (3) 物量諮詢委員會(Consultative Committee for Amount of Substance, CCQM)、游離輻射諮詢委員會(Consultative Committee for Ionizing Radiation, CCRI)、聲量/超音波/振動諮詢委員會(Consultative Committee for Acoustics Ultrasound and Vibration, CCAUV)及光輻射諮詢委員會(Consultative Committee on Photometric and Radiometry, CCPR)報告
- (4) 國際法定計量委員會(International Committee of Legal Metrology, CIML)

及國際照明委員會(International Commission on Illumination, CIE)主席
報告

4、11月16日(五)

(1)國際單位制(SI)重新定義(詳附件1、4)

(2)國際單位諮詢委員會(Consultative Committee of SI Unites, CCU)、單位
溫度委員會(Consultative Committee on Thermometry, CCT)、電量/磁量
諮詢委員會(Consultative Committee for Electricity and Magnetism,
CCEM)、質量及相關量諮詢委員會(Consultative Committee for Mass and
Related Quantities CCM)報告

(3)Klaus von Klitzing (諾貝爾獎得主)、Jean-Philippe Uzan、Jun Ye 及 Bill
Phillips(諾貝爾獎得主)等4位學者進行專題演講

(4)Resolution A 草案說明及投票

(5)Resolution B至E 草案投票

(6)CIPM 委員改選

二、重要工作報告

(一)上屆CGPM 會議後完成的重要工作(詳附件5-1~5-5)

1、在2014年基於外部贊助關係，BIPM 從事發展新能力建構及知識傳遞
(Capacity Building and Knowledge Transfer, CBKT)活動，第1個專案計
畫於2016年啟動，此CBKT 最初倡議被質疑，但藉由參與者高度的回饋而具
有普世價值。關鍵的成就包括：

(1)啟動16項專案計畫(12項已經完成、4項進行中)。

(2)來自8個NMI 及6個區域計量組織(Regional Metrology Organization, RMO)
的合作。

(3)計有來自83個國家、308人參與，其中包括來自27個國家、56位講師的贊
助。

2、已經確認BIPM CBKT 的活動計有：

- (1) 加速整合各會員國具有的新興量測系統。
- (2) 降低對於領先的 NMI 檢視其 CIPM MRA 的工作量。
- (3) 增加 NMI 可提供的技術委員會(Technical Committee, TC)主席，以平衡全世界 NMI 的負荷。

3、實驗室重要活動包括：

- (1) 可靠地運作 BIPM 的基布爾天平(Kibble Balance)於真空下，達到 1 週之不確定度維持在 $2 \times 10^{-7} \sim 3 \times 10^{-7}$ ，且具有長遠改善計畫。
- (2) 首次比對原級肽(peptide)參考物質已經完成，目前正贊助進行調和全球 C-肽(C-peptide)量測及糖尿病治療。
- (3) 預備改善自新資料庫至世界協調時間(Coordinated Universal Time, UTC)產品的入口網路，使用 NMI 介紹的軟體無線電(Software-Defined Radio, SDR)接收機，以降低每日的變動量低於奈秒。
- (4) 啟動 ^{11}C 及 ^{64}Cu 同位素標準於醫學影像、使用國際放射治療和成像技術平台(Doseo Technology Platform CEA SACLAY, DOSEO)的設備啟動劑量新比對及校正服務。

4、國際聯繫活動包括：

- (1) 協助修正 ISO/IEC 17025 標準具有顯著貢獻，蒐集各會員國反映在關鍵文書標準之意見，以符合計量實務上需求；而 ISO/IEC 17025 標準全世界計有超過 60,000 家實驗室使用。
- (2) 同意加入具有 10 個國際組織之開發中國家計量認證及標準網絡(Developing Countries Metrology Accreditation and Standards Network, DCMAS)有關品質定義基磐、參與該網絡重新運作及啟動作為國際品質網絡基磐(INetQI)，因此允許該組織結合各會員國及仲會員國參與。

5、國際聯繫角色持續擴大影響力，其工作包括：

- (1) 經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)強化量測在國際法規的角色，具有 50 個其他國際組織

正提升意識、開啟未來合作可能、協調增加在全球貿易影響力及全球化挑戰等，以有利所有會員國於量測領域之發展。

- (2) 聯合國工業發展組織(UNIDO)解釋計量的角色可持續支撐發展目標。
- (3) 國際法定計量組織(International Organization for Legal Metrology, OIML) 協調進行有共同興趣之計量介紹，其藉由兩個組織間反映最佳的實行及連貫性，俾容易採用與最大化利益於全球化貿易及製造業。

6、在一些區域的協調已有重要成果包括：

- (1) BIPM 藉由增加 CGPM 5 個新會員國及 6 個新仲會員，提升 BIPM 活動的影響力與有效性。
- (2) 持續進行整合 1 個新 RMO—波斯灣計量標準聯盟(Gulf Association for Metrology, GULFMET)進入 CIPM MRA 的程序。
- (3) 透過完成檢視 CIPM MRA 及貫徹建議事項，以改善全球相互認可協議的效率。
- (4) 發展仲會員國具有「新興計量系統」者設定捐助款新準則，針對該仲會員國移除財務障礙及具有最佳經濟性，以參與全球量測系統。

7、其他工作計畫具有重要運作的里程碑，同時節省 BIPM 的費用：

- (1) 主要實驗室空間、辦公室及附屬空間在主天文台之建築物已經翻修，資訊科技基礎建設亦已歷經主要升級。
- (2) BIPM 網站使用的目錄管理系統、關鍵比對資料庫(Key Comparison Data Base, KCDB)、區域計量組織和國際度量衡局聯合委員會(Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM, JCRB)線上檢查平台等正進行更新直到 2019 年完成。
- (3) 39 位借調員工(等同於 18 人年)已經執行 2016 至 2018 年工作規劃項目。
- (4) 運轉費用已經用心控制在 2013 年水準以下，整體職員費用亦已獲得控制；但因策略朝向增加各 NMI 參與 BIPM 的工作，使得借調員工費用已經增加。

(二) BIPM 2020~2023 年工作規劃(詳附件 6)

BIPM 擬訂的計畫結合新的實驗室活動，例如：從 BIPM 基布爾天平(Kibble

Balance)系統傳播公斤、將光鐘的高精度頻率數據引入世界協調時間(UTC)計算，為重新定義秒做準備、推出下一代國際參考系統(International Reference System, SIR)，用於比較核醫學和環境監測中使用的放射性核種(Radionuclide)標準，減少對BIPM密封參考源的依賴，及化學計量方面將建立國家計量機構(NMI)間的能力，其中包括新興計量系統，以支持食品中污染物的量測和準確的患者照護。未來工作規劃包含4個技術領域的項目：

1、物理計量(Physical Metrology)

- (1) 根據新定義協調公斤的主要實現比對，並保持BIPM工作標準和BIPM質量標準的共識值。
- (2) 通過根據公斤的新定義，從BIPM基布爾天平(Kibble Balance)系統建立計量可追溯性以傳遞質量單位。
- (3) 根據約瑟夫森效應組織交流電壓標準的新比對。
- (4) 開發基於AC量子霍爾效應提供電容標準可追溯性的新方法。

2、時間計量(Time Metrology)

- (1) 將來自光鐘的高精度頻率數據引入UTC計算，為秒的重新定義做好準備。
- (2) 實施一種基於光纖的新方法，作為驗證實驗室間接收器的獨特技術。
- (3) 自動化數據處理，以優化每月UTC的計算，為更頻繁地傳播UTC而鋪路。
- (4) 每週參加Rapid-UTC的實驗室數量增加10 %。

3、化學計量(Chemical Metrology)

- (1) 協調全球25個NMI之間，實施臭氧紫外線吸收截面的新值，為地表臭氧量測提供基礎。
- (2) BIPM的定量核磁共振(qNMR)標準參考數據涵蓋的核數量增加3倍，使NMI能更廣泛地應用qNMR技術進行化學標準化。
- (3) 應用獨特的二氧化碳絕對量測方法和同位素比率比較，來支持NMI、世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)和國際原子能總署(IAEA)的大氣監測標準。

(4) 全球最多參與傳遞有機校正物質，以檢測食品污染的20個NMI提供比對。

4、游離輻射計量(Ionizing Radiation Metrology)

(1) 將增加1倍之NMI數量以參與關鍵比對和校正原級標準，通過更多利用國際放射治療和成像技術平台(DOSEO)設施，以支持全世界11,000個臨床加速器的放射治療劑量測定。

(2) 使用¹³⁷Cs設施進行輻射防護劑量測定、進行比對和校正，以支援全球2,200萬人在工作場所暴露於游離輻射所使用的劑量計校正的可追溯性。

(3) 推出下一代國際參考系統(SIR)，用於比較 γ 射線放射性核種的標準，以應用於核醫學和環境監測。

(4) 對長壽命放射性核種進行新的比對，以支持退役核電廠和量測天然放射性物質時使用的標準。

5、聯繫、協調、溝通及推廣

聯繫活動重點將包括增加與最相關國際團體相互交流，透過國際品質基磐以促進全球計量基礎建設的利益，聯繫活動範圍可較為寬廣，同時BIPM必須謹記作為聯繫的成員，相關活動必須回應需求。然而，如何無縫地連結並確認是科學或法定計量是十分重要的議題，因此持續且緊密的與OIML合作並決定性同意兩個國際組織能實現從計量至外界的「一種聲音」。此外，BIPM將持續密切與其他的國際品質基磐成員合作，尤其是ISO及ILAC能協助藉由國際品質基磐網絡(InetQI)同意相關的合作內容。

6、能力建構及知識傳遞

預估未來大約有40家實驗室共計提供約170人月的實習工作，同時更進一步約有100個與實驗室相關工作之專題討論會於BIPM進行。未來規劃重點工作如下：

(1) 啟動新技術能力建構活動於蛋白質(protein)及胜肽(peptide)分析，以支撐NMI發展「病患治療計量準確」的能力。

(2) 持續「安全食物與供應」及「清淨空氣計量」能力建構專案計畫，擴大活動範圍至世界其他區域。

- (3) 藉由建置UTC模擬器發展BIPM時間實驗室新能力建構的機會。
- (4) 提供能力建構的機會予有關電量量子標準比對及傳遞質量標準。
- (5) 透過聯合專案計畫及技術討論會方式，吸引NMI及指定機構(Designated Institute, DI)發展輻射劑量及放射性核種計量。
- (6) 藉由利益相關者服務於較廣範圍的計量社群可獲得資金，並能符合BIPM一致性目標，以推動新的活動。

(三) 2018年BIPM策略規劃 (詳附件7)

BIPM於2014年出版策略規劃並設定優先計畫程序，該優先計畫程序於第25屆CGPM會議(2014年)進行準備；而該優先計畫提出於第26屆CGPM會議(2018年)，此計畫的發展反映建立實際及說明BIPM面臨新的挑戰。計畫內容如下：

- 1、藉由以下作為確認會員國最高價值活動的要求
 - (1) 整合各國家計量機構(NMI)、國際度量衡委員會(CIPM)及各領域諮詢委員會的策略，運作一個重新整理過的計畫。
 - (2) 發展工作期程以區分原有BIPM的角色。
 - (3) 區分各國家計量機構(NMI)間不同的要求。
 - (4) 用足夠詳細方式促進計畫的成功，並監控產出的成果。
- 2、檢視BIPM於物理計量的技術工作需要，依據專業決定於第26屆CGPM會議重新定義SI基本單位，闡明：
 - (1) 對於各國家計量機構(NMI)無法實現原級標準者，宣傳質量校正將持續要求。
 - (2) 需要持續支持宣傳電量校正標準。
- 3、為平衡各領域諮詢委員會的資源，以達到3個策略目標(聯絡、技術合作及協調)具有CBKT的活動，同時考慮：
 - (1) 在BIPM基金模式下為利用捐助者的專案計畫需有較大的彈性。
 - (2) 有機會以外購方式取得設備的可行性及利益性。
 - (3) 有需要BIPM所有部門加入所有知識傳遞及能力建構的活動。

4、發展長期可持續的財務規劃，以能夠履行BIPM的任務至2025年。

(1)提供可行的行動方案以決定第26屆CGPM會議，避免或極小化後續CGPM會議增加財務責任的需求。

(2)規劃改善財務控制、利用獨立保險精算專家及財務建議。

(3)預估需要招募、僱用職員及開拓現有的基礎架構。

(4)同意使用機制與各會員國進行有關BIPM 2025年以後長期財務永續性的對話。

三、各領域諮詢委員會報告及國際單位制(SI)重新定義

(一)由時間及頻率諮詢委員會(CCTF)、長度諮詢委員會(CCL)、物量諮詢委員會(CCQM)、游離輻射諮詢委員會(CCRI)、聲量/超音波/振動諮詢委員會(CCAUV)及光輻射諮詢委員會(CCPR)等諮詢委員會主席報告。報告內容包含任務、最新發展、近期成果、如何促進NMI和所有利益相關者之間的對話及未來挑戰等。

1、CCTF報告(詳附件8-1~8-5)

主要任務為推動時間尺度、原級和次級頻率標準、時間和頻率轉換技術及其應用等方面的研究。協調國際時間尺度的實現，由BIPM每月計算UTC，主導關鍵比對CCTF-K001.UTC。光鐘的發展已可達 10^{-18} 準確度，持續改善利用衛星連結的時間和頻率比對，並且在國家和洲際間開發用於時間和頻率比對的光纖鏈結，以容許優於 10^{-18} 頻率傳輸。全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)和一些工業應用皆基於精確定時，時間及頻率諮詢委員會(CCTF)和國際全球導航衛星系統服務(IGS)、國際天文學聯合會(IAU)、國際航空集團(IAG)等連結社群共享互利時間和頻率計量。未來的挑戰包括：邁向秒的新定義達到 10^{-18} 準確度、在穩定性(低於 10^{-16})、準確度(幾個ns)和網頁互動無障礙方面改進UTC，及向國際間科學和工業界宣傳獨特的參考時間UTC的重要益處。

2、CCL報告(詳附件9-1~9-3)

推動改進實現公尺定義的描述，明確描述飛行時間和干涉法量測技術以及以矽晶格參數作為次級標準等相關先進技術，奈米尺寸的應用將藉由矽晶格參數($\text{Si } d_{220}$)實

現追溯性。改善座標量測儀的準確度、發展光學掃描儀、X射線斷層掃描、雷射追蹤儀等非接觸式光學量測方法，並藉由如歐洲計量創新與研究計畫(European Metrology Programme for Innovation and Research, EMPIR)進行NMI間的合作。主要相關產業為航空、汽車及半導體產業，而「宏觀尺度」(Macroscale)和「奈米尺度」(Nanoscale)系列研討會是與設備製造商、使用者及其他利益相關者溝通的機會，並和ISO/TC 213密切合作推動國際標準。

3、CCQM報告(詳附件10-1~10-6)

負責開發、改進和文件化在化學及生物學國家標準(驗證參考物質和參考量測程序)的等效性，每年定期會議出席者來自會員及觀察員機構、利益相關者等，人數高達約70人。共6,400項校正與量測能力(Calibration and Measurement Capability, CMC)登錄在關鍵比對資料庫(KCDB)，已進行或正在進行的比對有306項。化學是幾乎所有工業部門和技術領域的核心，化學量測是多維的，包括大量的化學實體、廣泛的矩陣和質量分數範圍。目前極為關注生物學的量測標準，爰成立核酸、蛋白質、細胞分析工作組；另在健康、能源與環境、食品安全和先進製造等方面的比對具挑戰性，須透過與利益相關者協商以選擇比對項目。化學基本單位莫耳以亞佛加厥常數重新定義，SI重新定義必須滿足準確同位素比率的量測需求。

4、CCRI報告(詳附件11-1~11-5)

游離輻射可應用於有益於人類之活動，但須確信風險受到精確量測的控制為其願景。每年有超過4,000,000,000次X光及放射醫學診斷，超過 4,000,000次癌症治療及超過1,100萬輻射環境下工作者。透過增加成員的方式，包含連結IAEA、國際輻射單位與量測委員會(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)及歐盟聯合研究中心(JRC-Geel)三個組織，使CCRI變得更具包容性。未來重點工作包括：和合作夥伴共享昂貴的資源，如：聯合使用DOSEO¹³⁷Cs輻射源，擴展游離輻射CBKT的參與，改善RMO功能的溝通和發展，和改進流程以節省時間和金錢。

5、CCAUV報告(詳附件12-1~12-3)

包含聲音、超音波和振動領域，不僅數量範圍廣：頻率範圍自0.1 Hz到20 MHz(10^8 數量級)，強度範圍自20 μ Pa到20 Pa (10^6 數量級)，同時也有創新發展，如：無人機傳感器、微機電系統(Microelectromechanical Systems, MEMS)感測器、物聯網(Internet of Things, IoT)、無人駕駛等不同範圍、模式及大小的應用。由於區域到全球環境監測的需求(如：風機噪音、海洋地球物理調查、地震監測等)，及確保全球安全和健康的可比較性(如：超音波醫學影像診斷、交通運輸監測)，和其他國際組織亦建立互動關係是必要的。

6、CCPR報告(詳附件13-1~13-3)

光輻射包含光度學和輻射學領域。光輻射計量標準對各產業的影響，例如：汽車、紡織、印刷、時裝、食品等行業的出貨量約7,000億美金，其中因外觀不被接受可能導致銷售不出去；LED燈具發光效率提高1%能使全球每年節省40億歐元的電能。燭光於1971年即以發光效能(luminous efficacy)固定常數來定義，單光子操控技術將帶動量子通訊、量子偵測等第二次的量子革命。CCPR和國際標準化組織(ISO)、國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)、電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)、國際照明委員會(CIE)、國際能源總署(International Energy Agency, IEA)、WMO等國際組織都有連結，並以NMI間的關鍵比對確保全球量測的可比較性。

(二)國際單位制(SI)重新定義及相關領域諮議委員會報告

本屆CGPM最重要的活動為正式通過國際單位制(SI)之基本單位重新定義。活動安排在會議最後一天上午舉行，除了國際單位諮詢委員會(CCU)、溫度諮詢委員會(CCT)、電量/磁量諮詢委員會(CCEM)、質量及相關量諮詢委員會(CCM)等與4個重新定義相關的技術諮議委員會報告外，大會並安排四場專題演講(Keynote Lectures)，講者中包含兩位諾貝爾獎得主。

1、CCU, CCT, CCEM及CCM等諮詢委員會報告

(1)CCU報告(詳附件14-1~14-3)

國際單位諮詢委員會(CCU)是全球唯一討論單位的論壇，透過達成國際共識促進國

際計量機構(NMI)和所有利益相關者之間的對話。國際單位制(SI)包括基本量和導出量，是國際品質基磐的基石，全球已有約65,000家實驗室依循ISO/IEC 17025:2017認證，表示都需追溯至SI。建構一個同調且一致以量子為基礎的單位系統有許多好處，CIPM遂於2005年提出建議，歷經第23至25屆CGPM會議決議，及13年7次的CCU會議討論，SI終於由實物(Artefact)演進至以量子為基礎。

(2) CCT報告(詳附件15-1~15-3)

在日常生活中，無論是生產製造、創新技術或公平交易有賴於可靠的溫度和濕度量測。溫度基本單位克爾文以波茲曼常數重新定義，實現新定義的方法包括：聲學氣體測溫法、介電常數氣體測溫法、強生噪音測溫法、都卜勒展寬測溫法等。CCT的工作小組致力於促進NMI和所有利益相關者之間的對話，包括在接觸式測溫、輻射測溫、濕度、熱物量、環境、二次測溫、新興技術等各方面。在新定義下的溫度延展到更寬的範圍，提供小尺寸和自校設備的新技術將改變量測視野並使其進步，特別是在生物和奈米科學領域。

(3) CCEM報告(詳附件16-1~16-4)

電流安培原先的定義在現實中難以實現，電量領域一直以量化霍爾電阻及約瑟夫森電壓來實現原級標準，國際共識以1990年指定的 R_{k-90} (量化霍爾效應常數)及 K_{J-90} (約瑟夫森常數)值來實現。安培新定義以固定普朗克和電荷常數數值，並以基布爾天平(Kibble balance)實現。普朗克和電荷常數最終固定的數值導致1990年的值有差異，遂將 R_{k-90} 及 K_{J-90} 修訂為 R_k 及 K_J 。因此，CCEM是因SI重新定義唯一有差異值產生的諮詢委員會。藉由量子標準對業界進行知識移轉，並撰寫如何實施修訂後的SI指引文件等方式，促進NMI和所有利益相關者之間的對話。展望未來，將致力於量子技術、生物、奈米及應用科學等前瞻量測科學，強化對社會的影響，增加與利益相關者的互動，提高量測結果的可比較性，並盡可能順利有效地運行作CIPM MRA。

(4) CCM報告(詳附件17-1~17-4)

質量和健康、能源、安全、公平交易等議題都有關，最後一個實體標準公斤原器IPK，它具有獨特性、無法被確認其穩定性及可能被汙染、破壞的風險。經過許多NMI和

研究機構多年的努力，質量基本單位公斤以普朗克常數重新定義，並以基布爾天平(Kibble balance)和X光晶體密度(X-Ray-Crystal-Density, XRCD)法兩種方法實現。重新定義後的公斤，具有一致性、不確定度、追溯性和可驗證性。過去幾年，CCM以會議、網站、電子報等方式，對於這樣的改變主動進行諮詢和溝通。在CIPM MRA下和所有的區域合作，目前正在組織對於未來實現新定義的第一次比對。

2、專題演講

(1) The quantum Hall effect and the revised SI

德國馬克斯普朗克研究所(Max Planck Institute, MPI) Klaus von Klitzing以深入淺出方式介紹SI定義的歷史沿革，並介紹約瑟夫森和他本人在電壓和電阻(量化霍爾效應)等電子量子計量方面的成就與貢獻。

(2) The role of the Planck constant in physics

法國國家科學研究中心(Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS)的Jean-Philippe Uzan介紹普朗克常數在物理扮演的角色。物理常數定義基本單位不是新的想法，1983年公尺即以光速來定義。從實體到物理常數的基本演進架構為：自物理人工製品(Physical Artefact)演進到原子特性(Atomic Properties)，然後為基本常數(fundamental constant)。可藉由普遍性、基礎性或實用的實驗選擇定義單位的常數。自然法則的數學公式涉及常數，常數是一個理論最基本的對象，但不能用理論來解釋，只能量測，而科學是由人類建構而成的。

(3) Optical Atomic Clocks - Opening New Perspectives on the Quantum World

天體物理聯合研究所(Joint Institute for Laboratory Astrophysics, JILA) Jun Ye介紹開啟量子世界新視界的光原子鐘。幾乎所有的基本和導出單位都可追溯到時間(秒)，時鐘網絡準確度已經可達 10^{-21} 。雷射是控制時間和空間的核心，德國聯邦物理技術研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)和美國JILA合作發展世界上最穩定的微小雷射，穩定度達 4×10^{-17} 。目前光梳已經做到 10^{-20} 穩定度，優於微波頻率銫原子鐘。美國國家標準與技術研究院(NIST)和JILA間鋪設有光纖傳遞作為時間和空間感測器的原子鐘，並持續發展更穩定的光鐘。

(4) Measuring with fundamental constants; how the revised SI will work

NIST的Bill Phillips介紹長度標準公尺與質量標準公斤的由來與演進。他認為長度採用物理常數光速來定義是一件輝煌的事情，而同樣的情況將發生在公斤上。Bill Phillips悼念瓦特天平的發明者Dr. Bryan Kibble，介紹NIST基布爾天平(Kibble Balance)已發展40年，參與NIST 基布爾天平的研發團隊並在現場接受大家鼓掌致意。最後Bill Phillips請大家一同起立鼓掌歡呼正式通過關於國際單位制(SI)的修訂，自2019年5月20日起國際單位制的單位將以物理常數定義。現場除邀請媒體、學生等參與此計量領域百年來的盛會，CGPM並安排全程線上轉播4位專題演講和國際單位制(SI)修訂決議通過的過程，向全世界宣告歷史性的一刻。

四、相關組織專題報告

國際標準化組織(ISO)、世界銀行(World Bank)、國際實驗室認證聯盟(ILAC)、聯合國工業發展組織(UNIDO)、IAEA、JCTLM、CTBTO等國際組織報告計量與各組織的關聯，及其重要性與影響。

(一) Importance of measurement for international standards

國際標準化組織(ISO)由會員組成，擁有許多技術委員會(TC)和專家。其策略為藉由全球會員制定高品質的標準，及利益相關者和夥伴的投入，使各處皆使用ISO標準。ISO和BIPM透過如：ISO/CASSO、參考物質國際標準委員會(ISO/Remco)等連結，ISO專家亦參加BIPM的諮詢委員會。國家品質基磐(National Quality Infrastructure, NQI)有賴於計量、標準、認證、符合性評鑑和市場監督，薄弱的品質基磐等同於貿易障礙。ISO/TC 12, Quantities and Unit制定和維護ISO 80000系列標準，提供在不同科學領域的國際數量系統(International System of Quantities, ISQ)。最後，以火星登陸火箭失敗的案例，說明SI單位的重要。

(二) Role of Quality Infrastructure in Economic Development

現代品質基磐滿足政府、企業及消費者需求，確保產品和服務品質使企業在國內或國際市場具有競爭力，因而擴大貿易及投資機會，提高生產力和創新。從企業生產力、產業發展、創新、貿易和競爭力等各方面說明品質及符合國際標準的重要性。

品質基磐的影響包括：增加進入市場的機會、改善公司生產力及保障民生福祉。根據統計，44 %的公司須在國內完成後，重複測試程序以滿足國外要求，68 %的公司指出測試和認證費用是導致不出口的重要原因。標準改革促成英國勞動生產率增加13 %。世界銀行(World Bank)藉由以下方式支持品質基磐的改革：(i)供給方及需求方品質基磐的診斷和差異評估、(ii)改革QI法律和制度框架，包括能力建設、(iii)發展品質能力保證服務提供者(國家或地區)、(iv)精簡技術法規和標準，並與目標市場協調一致、(v)透過外商直接投資(Foreign Direct Investment, FDI)和全球價值鏈(Global Value Chain, GVC)遵守行業標準、(vi)促進創新和提高國內產品質量，達到傳播資訊及提高認知。

(三) The role of accreditation in disseminating metrological traceability
國際實驗室認證聯盟(ILAC)成員包括來自126個經濟體其中的153個機構(100個簽署MRA的正會員(Full Member)、13個仲會員(Associate Member)、10個子公司、24個利益相關機構、6個區域合作機構)。ILAC和BIPM於2001年簽署合作備忘錄(Memorandum of Understanding, MoU)並於2016年續簽。MoU反映認證和計量所發揮的重要作用，是國家和國際可追溯性以及量測一致性的基本基礎設施的關鍵要素。ILAC和BIPM並組成聯合工作小組(Joint Working Group)，每年開會並相互檢討，以強化CIPM MRA和ILAC合約，檢視NMI和認證實驗室間計量追溯和傳播程序。BIPM、OIML、ILAC和ISO於2001年曾共同發表計量追溯宣言，今年將修訂並重新簽署此文件。ILAC並配合SI重新定義，在其網站首頁加強推廣宣傳。

(四) Metrology in Support of the Sustainable Development Goal

聯合國工業發展組織(UNIDO)的報告中提到，計量是品質基磐的基本支柱，對大多數標準發展組織至關重要，政府法規透過法定計量系統確保公平交易甚至出口稅金的正確性。計量和標準發展組織帶動繁榮建設，一個國家的經濟成功發展，有賴精準的製造和交易能力被交易合作夥伴接受。控制製造過程和保證產品品質需要確保儀器的量測追溯性，業界發展和使用適當計量方法的能力，是支持產品創新、製程改善及品質保證的關鍵。UNIDO將以政府法規為核心，透過計量、標準、認證機構，

對品質基磐服務機構推動品質、符合性評鑑、對企業建立價值鏈，對消費者建立能力提高認知及系統性的推動發展品質基磐。

(五)Measuring isotopes accurately for a safer, healthier and sustainable world

國際原子能總署(IAEA)和世界衛生組織(WHO)於1976年簽署建立二級標準劑量實驗室(Secondary Standard Dosimetry Laboratory, SSDL)網絡的正式協議。自1987年起，此網絡活動接受獨立的SSDL科技委員會(包括BIPM)評鑑，1999年簽署CIPM MRA，現有26項CMCs。IAEA和WHO合作針對放射性治療中心進行劑量審計，此活動自1969年至今，BIPM提供放射性參考物質超過20年。IAEA和BIPM 於2012年簽署MoU，除了IAEA派代表參加游離輻射諮詢委員會(CCRI)外，並在標準和參考物質上共同合作。IAEA提供100種穩定同位素和放射性核種參考物質，例如：VSMOW2(Vienna Standard Mean Ocean Water 2)、IAEA-603 大理石-碳同位素標準等。針對碳循環議題，CCQM已成立同位素比工作小組，IAEA發展CO₂/CO₂-in-air同位素比率(ratio)參考物質，擬於2020年和BIPM共同主導CO₂同位素比的量測比對。

(六)Traceability in laboratory medicine: a driver of accurate results for patient

醫學實驗室追溯性聯合委員會(JCTLM)是由BIPM、IFCC和ILAC於2002年組成，為啟動對於體外診斷醫療器材(In Vitro Diagnostic Devices, IVD)指引之全球回應，目前有來自19個國家的49位成員，包括：NMI、供應者、專業機構、IVD製造商及BIPM秘書處。JCTLM維護全球包括：參考物質、參考方法及服務數據資料庫，參與ISO標準參考系統之工作小組，並透過網路及發表，提供在實驗室醫學追溯方面相關訊息和免費可用資源。目前有95 %的驗證參考物質係由NMI提供。

(七)Developing a Common Vision for Scientific and Legal metrology: The OIML Perspective

國際法定計量組織(OIML)成立於1955年，是一個政府間條約組織，並是在WTO/TBT協議下的國際標準制定組織。其任務為促使各經濟體法定計量架構到位，相互兼容

且彼此承認，建立互信及協調全球消費者保護水平。OIML提到滿足新興計量國家和經濟體的需求，與其他國際組織米制公約更緊密的合作，促進計量作為現代經濟的優質基礎設施等為目前優先工作之一。OIML和BIPM兩個組織任務互補且具有共同性：同樣信任量測結果、重視量測追溯、消除技術性貿易障礙、推動提高對於計量重要性的認知並提供決策者訊息及參與全球計量基磐能力建置社群。雙方將朝向共同願景而努力。

(八)Standards and measurement science for nuclear test monitoring technologies

全面禁止核試驗條約組織(CTBTO)於1996年開放簽署條約，旨在建立查核制度及推動全球條約，目前共有184個簽署和167個批准。查核制度的組成為國際監測系統、諮詢和澄清、現場檢查及建立信任措施。國際監測系統擁有337項設備，地震、水聲、次聲波和放射性核種4項技術，其中88 %的監測設備已被驗證。前3項技術部分頻率範圍在CCAUV進行的比對中並未涵蓋，目前缺乏完整有效的CMCs，第4項放射性核種目前CMC都能滿足，16個實驗室中已有13個通過驗證。

(九)Measurement Challenges for Efficient Sustainable Lighting Technologies

國際照明委員會(CIE)成立於1913年，是在光與照明領域的國際科學組織，目前有37個國家會員和3個仲會員，及120個技術委員會，和ISO、IEC、CCPR、IEA等許多國際組織都有合作。CIE和CIPM於2007年簽署合作備忘錄，在光輻射領域之數量(quantity)和單位(unit)上彼此合作。同時CIE亦為CCU的觀察員。CIE過去幾年並致力於解決全球在LED測試方法和驗證一致性的需求，除了2015年出版CIE S 025:2015 LED測試標準，舉辦多場教育訓練和實務研討會外，去年出版CIE 226:2017和CIE 227:2017等關於高功率LED及LED高速測試方法的技術文件。關於非視覺光效應的計量國際標準文件CIE S 026正在制定中。未來工作重點包括：發展CIE LED標準光源(CIE Illuminant L)，及和BIPM共同修訂光度學基礎文件。

五、國際度量衡委員會委員改選

現有CIPM委員共18名(詳附件18)，本次委員會改選計有12名連任和6名新任(詳附件

19)。與我國友好的德國PTB院長Dr. Ullrich和日本國家計量研究院(National Metrology Institute of Japan, NMIJ) Dr. Usuda皆當選連任。本屆委員將自2019年3月正式上任。18位當選名單如下：

連任12名

Dr F. Bulygin (Russian Federation),
Dr I. Castelazo (Mexico),
Dr Y. Duan (People's Republic of China),
Dr H. Laiz (Argentina),
Dr T. Liew (Singapore),
Dr W. Louw (South Africa),
Dr M.L. Rastello (Italy),
Dr P. Richard (Switzerland),
Dr G. Rietveld (Netherlands),
Dr M. Sené (United Kingdom),
Dr T. Usuda (Japan),
Prof. J. Ullrich (Germany).

新任6名

Dr D. del Campo Maldonado (Spain),
Dr N. Dimarcq (France),
Dr P. Neyezhnikov (Ukraine),
Dr J. Olthoff (United States of America),
Dr S.-R. Park (Republic of Korea),
Dr A. Steele (Canada)

六、大會重要決議摘錄

本次CGPM會議共通過5項決議(詳附件20)，如下：

(一)Resolution 1：關於SI的修訂

自2019年5月20日起國際單位制(SI)的單位以物理常數定義，其中

- 銻133原子於未擾動激態的超精細躍遷頻率 $\Delta \nu_{\text{Cs}}$ 為 9 192 631 770 Hz,
- 光在真空中的速度 c 是 299 792 458 m/s,
- 普朗克常數 h 為 $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ J s,
- 基本電荷 e 為 $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C,
- 波茲曼常數 k 為 $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ J/K,
- 亞佛加厥常數 N_A 為 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol⁻¹,
- 頻率 540×10^{12} Hz 之單色輻射光的發光效能 K_{cd} 為 683 lm/W.

(二)Resolution 2：關於時間尺度(Time Scale)的定義

決議國際原子時(International Atomic Time, TAI)是基於最佳實現SI單位秒由BIPM產生的連續時間尺度。TAI是地面時間(Terrestrial Time, TT)的實現，其速率(rate)和TT相同。國際協調時間(UTC)是由BIPM產生，與TAI速率相同，僅有潤秒的差異。

(三)Resolution 3：關於BIPM的目標

確認BIPM的目標為

- 代表全球量測社群，旨在發揮最大影響力；
- 成為成員國之間科學和技術合作的中心，提供共同成本進行國際比對；
- 作為全球量測系統的協調者，確保提供可和國際公認比較的量測結果。

滿足BIPM的使命和目標，並輔以在：

- 能力建設(capacity building)，旨在實現成員國計量能力的全球平衡；
- 知識轉移(knowledge Transfer)，確保BIPM的工作產生最大的影響力。

(四)Resolution 4：關於BIPM 2020至2023年的預算

通過以每年1 %複合成長率成長，預算金額為

12,356,526 歐元 (2020年)

12,480,091 歐元 (2021年)

12,604,892 歐元 (2022年)

12,730,941 歐元 (2023年)

(五)Resolution 5：關於會員欠款與排除程序

CIPM應實施「附則」第6條第8款，應解決因歷史因素導致欠款不合理累積的情況，確認

- CIPM應排除任何情況下通知法國的歐洲與外交部，應通知被排除國和所有其他成員國；
- 被排除在外的成員國，只有在支付剩餘欠款的情況下，才可以再次加入「公約」；
- 根據「公約」第11條，該成員國應支付與其第一次年度捐款相等的人會費。

七、參觀國際度量衡局實驗室

在正式會議前一天，BIPM實驗室開放參觀，本團選擇參觀熱門的基布爾天平(Kibble Balance)系統(詳附件21)。BIPM自2005年即投入基布爾天平系統的建置，這是一套相當複雜的系統，需要極高的工藝水準。目前BIPM的系統僅做到 10^{-7} ，還需要進一步優化調整，預計2020年才能達到 10^{-8} 的目標。參觀完BIPM的系統，更加確認要滿足快速和國際接軌採用X光晶體密度(XRCD)法是我國的正確選擇，並且很有機會比BIPM快一步，對於國際上實現公斤定義值有所貢獻。

參、心得及建議

一、建議我國各領域國家度量衡標準實驗室之量測標準系統新建、擴建或改良，應朝國際相關發展趨勢及需求端進行規劃，以發揮國家資源作最有效運用

出席 CGPM 會議感受到本屆會議議程的用心安排，除宣告重新定義國際單位(SI)的重要活動外，邀請許多其他國際組織，如：世界銀行、ISO、UNIDO、OIML、……等，從民生、經濟、法規等不同面相說明計量品質基磐和 CIPM MRA 的重要與影響。各諮詢委員會(CCs)不僅是例行事務報告，並著重與利益相關者間如何互動對話及效益。CGPM 也邀請各諮詢委員會相關國際組織，例如：CIE (CCPR)、CTBTO (CCAUV、CCRI)、IAEA (CCRI、CCQM)、……等，從應用端闡述計量標準需求及對他們的支撐和助益。從本屆 CGPM 這次的議程安排可見，計量標準如何與民生、經濟、環境的變化更加緊密連結，從需求端思考發展方向及論述 CIPM MRA 的重要性，已經是不可避免的趨勢。

二、建議我國可參考利用 BIPM 網站上已有的 SI 相關推廣宣傳材料，運用各種可能的管道加以廣宣，例如：NML 網站可增加 SI 相關識別及資訊連結、設計名片或宣傳小冊、舉辦研討會或推廣說明會等

本屆 CGPM 最重要的活動為最後一天上午，正式通過國際單位制(SI)之基本單位重新以固定物理常數定義。除 CCU、CCT、CEM 及 CCM 等與 4 個重新定義相關的諮詢委員會報告外，CGPM 並安排包含兩位諾貝爾獎得主的 4 場專題演講，以及開放給媒體、其他學者和學生參加。講者以深入淺出的方式說明基本單位的歷史沿革，亦感受到 CGPM 在整體氣氛營造和宣傳上的用心。會議一開始便播放 NIST 相關宣傳影片，4 場專題演講更開放網路直播，讓全球無法親臨現場的夥伴可以同步聆聽，之後再播放各國代表以其母語表達成功祝賀的影片(NIST 於 BIPM 實驗室開放參觀當日拍攝)，最後在場各國代表們全體起立鼓掌祝賀通過基本單位重新以固定物理常數定義，並於明(2019)年 5 月 20 日起正式實施的決議，現場氣氛令人感動。CGPM 已經正式宣告通過 SI 重新定義，我

國經濟部標準檢驗局責無旁貸應思考如何在國內加強推廣宣傳此一重大改變，亦應趁此契機宣傳計量標準的重要性及加強科普教育。

三、建議我國 NML 可加快新質量量測系統建置腳步，以對未來國際上實現公斤定義值有所貢獻，並提升我國於國際計量領域的能見度

BIPM 自 2005 年即投入基布爾天平(Kibble Balance)系統的建置，目前僅能做到 10^{-7} 進度落後，預計 2020 年才能達到 10^{-8} 的目標。不僅 BIPM、NIST 花了近 40 年時間建置與不斷改進基布爾天平系統。惟考量時效性、建置成本及技術門檻等因素，我國 NML 選擇另一種國際上認可的方法：X 光晶體密度法 (XRCD)，使能夠在較短時間完成系統建置實現公斤新定義，跟上國際腳步，是正確的選擇。

肆、附件

附件 1 CGPM 會議召集文件

附件 2 我國與會人員會議期間相關交流照片

附件 3-1 CGPM 會議議程(1)

附件 3-2 CGPM 會議議程(2)

附件 4 SI 重新定義新聞資料袋

附件 5-1 第 25 屆 CGPM 會議以來重要發展及 2020~2023 年捐助款相關議題

附件 5-2 第 25 屆 CGPM 會議以來重要成果(CIPM 主席報告)

附件 5-3 Capacity Building & Knowledge Transfer Programme 海報

附件 5-4 CIPM MRA: JCRB and KCDB 海報

附件 5-5 Joint Committee for Guides in Metrology 海報

附件 6 BIPM 2020~2023 年工作規劃

附件 7 BIPM 策略規劃

附件 8-1 CCTF 簡報

附件 8-2 Time and Frequency 海報

附件 8-3 CCTF 書面資料

附件 8-4 Time metrology at the BIPM 海報(1)

附件 8-5 Time metrology at the BIPM 海報(2)

附件 9-1 CCL 簡報

附件 9-2 Length, Angle and Dimensions 海報

附件 9-3 CCL 書面資料

附件 10-1 CCQM 簡報

附件 10-2 Chemistry and Biology 海報

附件 10-3 CCQM 書面資料

附件 10-4 Chemical metrology at the BIPM 海報(1)

附件 10-5 Chemical metrology at the BIPM 海報(2)
附件 10-6 Accurate results for patient care 海報
附件 11-1 CCRI 簡報
附件 11-2 Ionizing Radiation 海報
附件 11-3 CCRI 書面資料
附件 11-4 Ionizing Radiation metrology at the BIPM 海報(1)
附件 11-5 Ionizing Radiation metrology at the BIPM 海報(2)
附件 12-1 CCAUV 簡報
附件 12-2 Acoustics, Ultrasound, Vibration and Underwater Acoustics 海報
附件 12-3 CCAUV 書面資料
附件 13-1 CCPR 簡報
附件 13-2 Photometry and Radiometry 海報
附件 13-3 CCPR 書面資料
附件 14-1 CCU 簡報
附件 14-2 Units 海報
附件 14-3 CCU 書面資料
附件 15-1 CCT 簡報
附件 15-2 Thermometry, Humidity and Thermophysical Quantities 海報
附件 15-3 CCT 書面資料
附件 16-1 CCEM 簡報
附件 16-2 Electricity and Magnetism 海報
附件 16-3 CCEM 書面資料
附件 16-4 Electrical metrology at the BIPM 海報
附件 17-1 CCM 簡報
附件 17-2 Mass and Related Quantities 海報
附件 17-3 CCM 書面資料

附件 17-4 Mass metrology at the BIPM 海報

附件 18 選舉 CIPM 委員候選人名單

附件 19 CIPM 委員改選結果

附件 20 CGPM 會議決議事項

附件 21 參觀 BIPM 實驗室相關照片