

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書

(出國類別：開會)

參加「2017 歐洲流量計量 (2017EFMWS)研討會」報告書

服務機關：台灣中油股份有限公司

職 務：電機工程師

姓 名：周宜德

派赴國家：荷蘭

出國期間：106 年 4 月 3 日至 9 日

報告日期：106 年 5 月 2 日

摘要：

鑒於天然氣等氣體燃料對於國內能源供應之比重日益增加，故於 106 年 4 月 3 日至 9 日，奉派參加於荷蘭諾德維克舉辦之「2017 歐洲流量計量 (2017EFMWS) 研討會議」。

由於負責本公司煉製研究所流量實驗室及天然氣之應用、研發、改善及技術服務等業務之需求，特將有關國際流量校正相關知名實驗室之系統發展趨勢，列為參加本次研討會的重點之一，分別整理介紹美國 CEESI、荷蘭 VSL 及中國 NIM 之最新研究成果及發展趨勢。

再者，根據本次研討會各國研究及成果發表之趨勢分析，亦將液化天然氣計量及校正設備納入本次研討會之重點，並進行系統性的說明及介紹：由 LNG 交易量對應計量誤差造成的損失估算結果出發，介紹 EMRP 針對液化天然氣計量各階段範圍的規劃及其所需解決之細部工作，並藉由參訪荷蘭 VSL，認識其液化天然氣原級標準量測系統，並了解其後續改善工作。

本行程恰逢國內液化天然氣灌裝設施評估建置之際，故建議國內在評估建置時，可將液化天然氣之計量研究納入，增進研發深度且與國際研究趨勢接軌。本次行程圓滿順利，也透過與現場與會先進前輩交流，提升國際視野，受益良多。

目次

一、 目的.....	3
二、 過程.....	3
三、 會議內容重點摘要.....	4
四、 具體成效.....	19
五、 心得及建議.....	20
附錄.....	21

一、目的

職負責本所流量實驗室及天然氣等氣體燃料之應用、研發、改善及技術服務之業務，鑒於天然氣等氣體燃料對於國內能源供應之比重日益增加，故奉派參加於荷蘭諾德維克舉辦之「2017 歐洲流量計量 (2017EFMWS)研討會議」。此行之目的在於了解國際流量計量技術及天然氣等氣體燃料發展趨勢及市場演變，透過與會之國際產、官、學界專家及流量與氣體燃料相關應用及設備等相關業者之專題報告，藉收集當前國際流量計量技術及天然氣等氣體燃料之研發情形及發展趨勢，除供做未來研究發展及規劃之參考依據外，亦可了解最新流量計量及天然氣等氣體燃料之未來趨勢及市場演變，將有助於提昇公司天然氣業務以及相關營運作業之及早因應。

二、過程

本次行程與工作內容簡述如下：

106 年 4 月 3 日 啟程(由桃園啟程前往阿姆斯特丹)

106 年 4 月 4 日 啟程(由桃園啟程前往阿姆斯特丹)

106 年 4 月 5 日 研討會第一天

106 年 4 月 6 日 研討會第二天(下午參訪荷蘭 VSL)

106 年 4 月 7 日 研討會第三天

106 年 4 月 8 日 返程(由阿姆斯特丹起程返回桃園)

106 年 4 月 9 日 返程(由阿姆斯特丹起程返回桃園)

三、會議內容重點摘要

鑒於台灣在流量校正的追溯，是追溯至國家度量衡標準實驗室源級標準系統，而中油公司交易用大尺寸流量計之校正追溯，配合工研院量測中心國家度量衡標準實驗室，以中油煉研所氣體大流量實驗室作為量體放大及標準件傳遞追溯工作之源頭，圖 1 為中油公司與大潭電廠交易用流量計校正實例。為提升中油煉研所氣體大流量實驗室之技術，故將有關國際流量校正相關知名實驗室之系統發展趨勢，列為參加本次研討會的重點之一。另外，根據本次「2017 歐洲流量計量 (2017EFMWS)研討會」，各國研究趨勢分析，報告主題不約而同著重在關於液化天然氣 (Liquefied Nitrogen Gas, LNG) 計量及校正相關系統及設備的研究成果，故本報告亦針對液化天然氣計量及校正設備進行系統性的說明。相關內容分述如下：

(一)國際流量校正相關知名實驗室之系統發展趨勢

在國際流量校正相關系統之發展趨勢方面，首先介紹美國團隊這次報告之 NIST/CEEI LN2 校正系統，該系統源於 1967 年，壓縮氣體協會(CGA)為低溫流體流量計進行型號編碼(model code)，美國儀器協會(ISA)特設委員會亦對低溫測量和標準的需求進行了廣泛的審查和定義，1968 年加州將低溫流體測量裝置的代碼定為法律，從 1970 年代開始，低溫流體測量設備，正式上線操作。相關設備於 2015 年正式搬入美國科羅拉多工程實驗室公司 (CEESI，為美國高壓大流量標準實驗室)，並於 2016 年購買並建立液態氮相關測試、儲槽，今年(2017) 陸續有首位及第二位客戶採用該系統，圖 2 為 NIST/CEEI LN2 校正系統，儲槽構造包含稱重傳感器組件、冷卻盤管、重量槽體、傾卸閥、液體入口管線、擴散器等，該系統目前之不確定度為 0.18%(k=2)，並未支援查核件，ISO17025 認證計畫規劃進行中。該系統已完成最新的不確定度分析、氦氮混和流率基礎數據收集、稱重傳感器驗證、新

的多點感應器及軟體為基礎之溫度測試等項目。該系統雖尚在研發階段，但可由該報告看出低溫液態氮之量測系統為未來校正發展不可或缺的一環。

荷蘭國家計量科學研究院(MSI VSL) 針對 LNG 計量及校正設備進行研究，圖 3 為 VSL LNG 計量及校正設備研發規劃及時程，已完成 10-25m³/hr 主要標準循環設施的研究及建置，第二階段針對 10-200m³/hr 中型規模設施進行研發工作，未來也計畫放大至 200-4000m³/hr 之大型規模設施。根據目前的設計，中型規模 LNG 計量校正系統不確定度將小於 0.15%，針對 1~8 吋之流量計，進行 1-10bar(壓力不穩定度小於 0.2bar/min)，溫度範圍-175 ~ -123 °C(溫度不穩定度小於 0.2°C/min)，10-200m³/hr(流量不穩定度小於 2%)之校正工作。圖 4 及圖 5 分別為中型規模設施之 3D 模型及簡化流程圖，相關設施包括質量標準裝置、液化天然氣儲存和裝載裝置、液化天然氣冷卻器、液化天然氣泵、氮氣及空氣暖器裝置、冷箱、儀表測試裝置等。未來預計將運送至天然氣校正站之各組裝件如圖 6 所示，分別為主要組裝件(流量計及冷箱)、次要組裝件(液化天然氣儲存和裝載裝置及液化天然氣泵)、熱交換器組裝件等。該系統未來將送至液化天然氣實流校正站，對液化天然氣進行實流計量及校正相關的測試及研究。

另外中國計量科學研究院 NIM(National Institute of Metrology) 在本研討會中，亦派員出席並報告目前針對 LNG 原級流量量測標準系統的構想與設計。針對不同 LNG 應用領域所要建立的量測系統與對應之流量範圍與不確定度如圖 7 所示，根據 2016 年的估算，中國已有 2460 個 LNG 車載加氣站，預估有 21 萬輛 LNG 車。目前 LNG 車載加氣站使用地磅秤原始車重與卸載 LNG 後的車重並使用科氏力式流量計做為查核的方式來計算 LNG 的量，但現行 LNG 的流量量測在中國各省一直有不一致的問題，所以 NIM 要與中海油 (China National Offshore Oil Corporation, CNOOC) 合作，由中海油建置工作標準，NIM 提供計量標準追溯。NIM 擬建立的原級標準系統包括以

靜態秤重、動態秤重與使用 LDV 做為量測標準的三套系統，其中 LDV 流量標準之系統配置圖如圖 8 所示，包含測試部分及參考部分，以及以 LDV 作為量測標準搭配 8-聲道的超音波工作標準件。

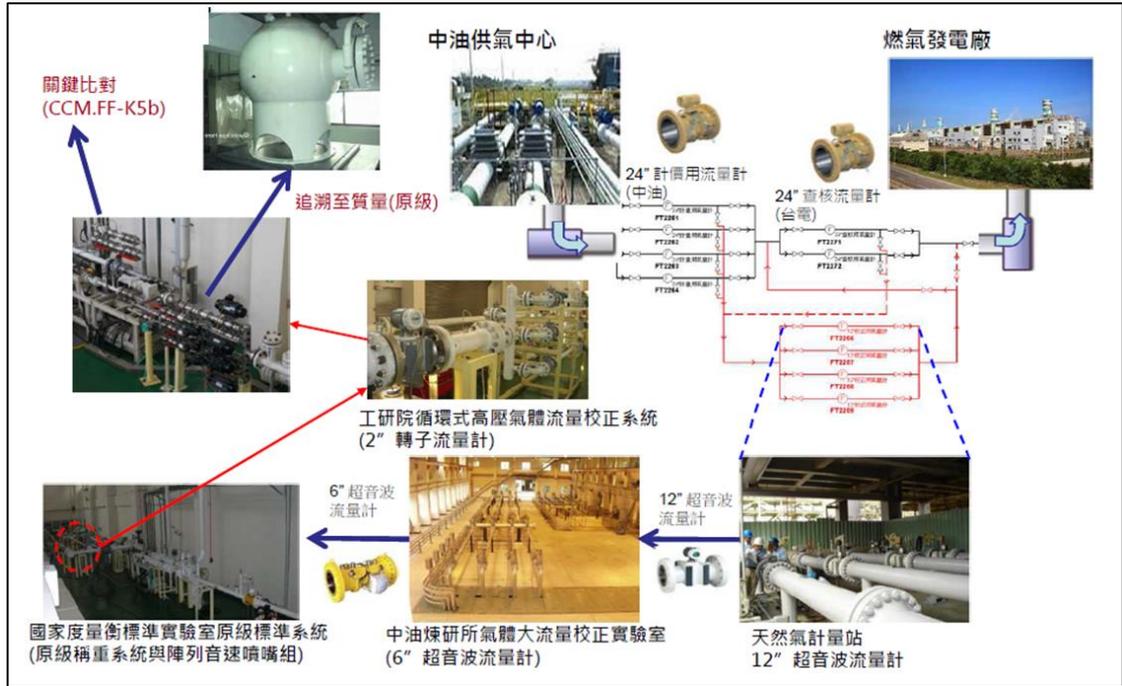


圖 1 中油公司與大潭電廠交易用流量計校正實例

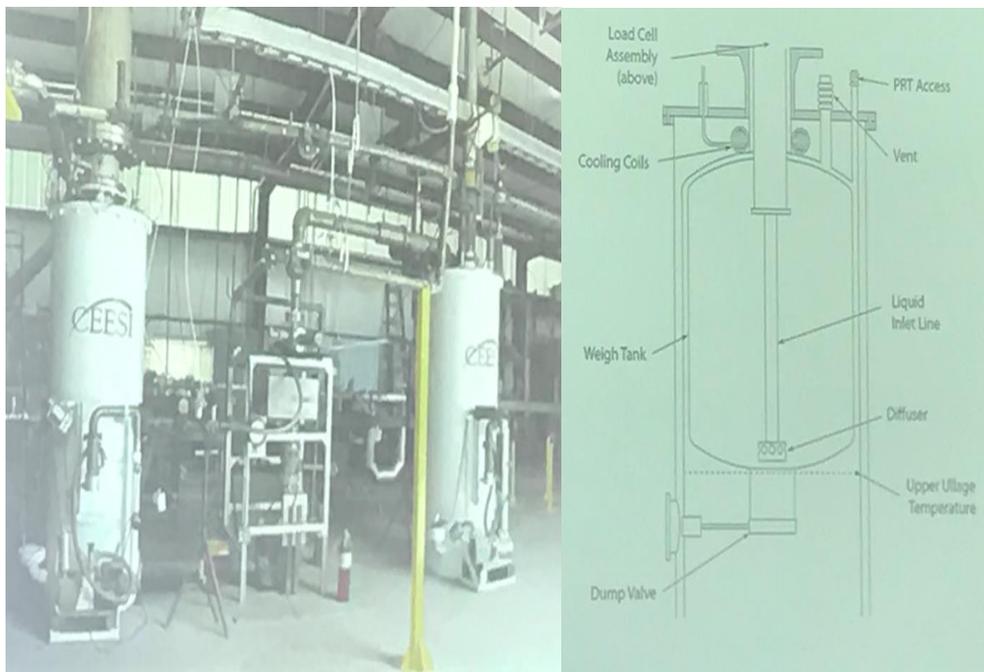


圖 2 NIST/CEEI 液態氮(LN2)校正系統

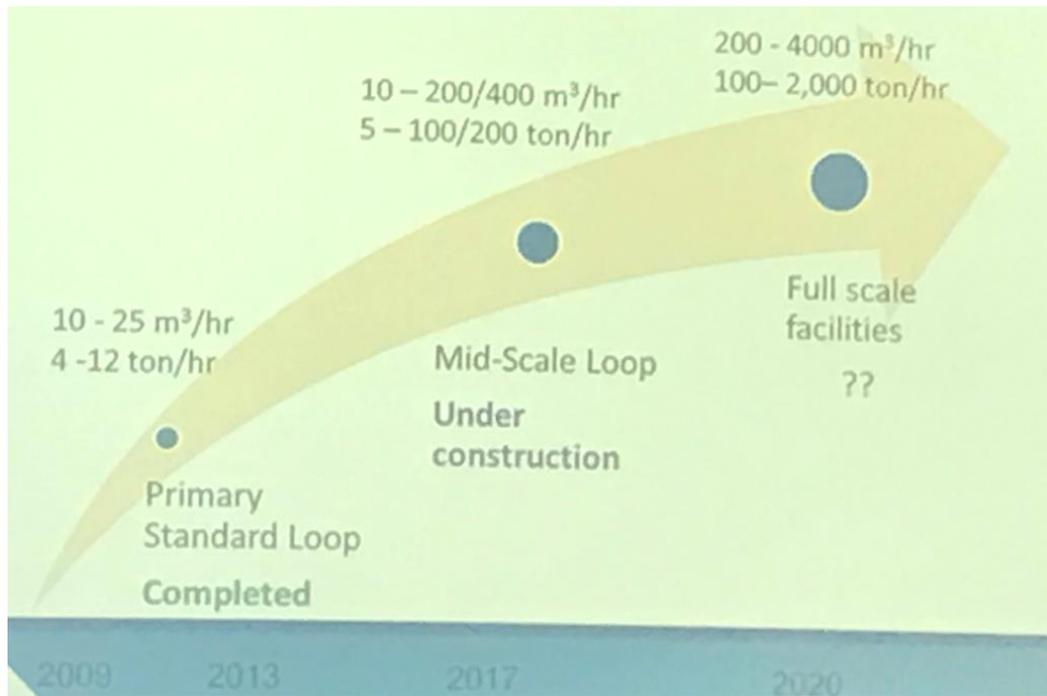


圖 3 VSL LNG 計量及校正設備研發規劃及時程

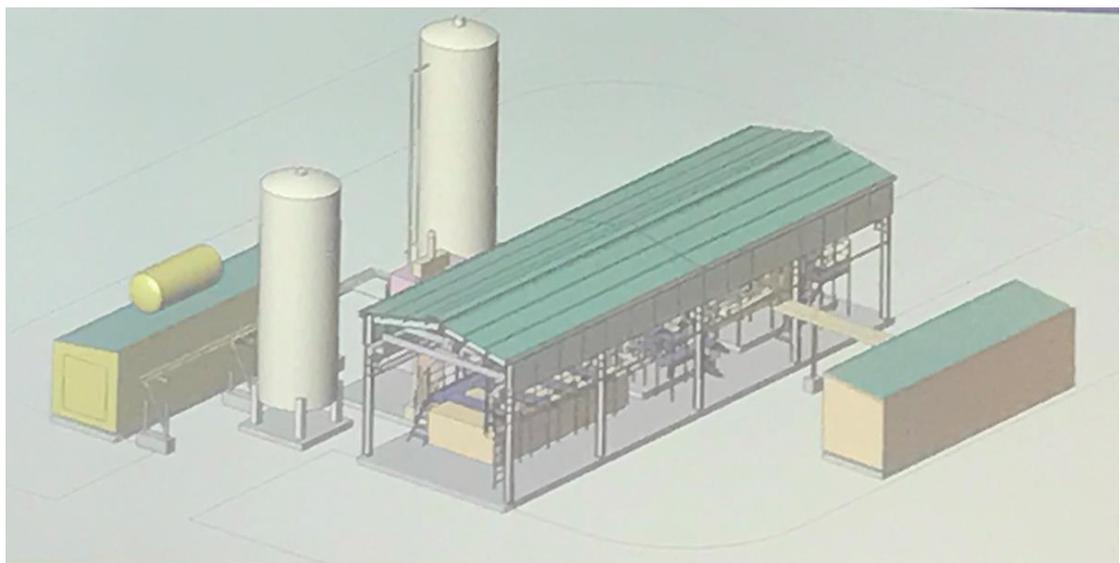


圖 4 LNG 校正計量系統中型規模設施之 3D 模型

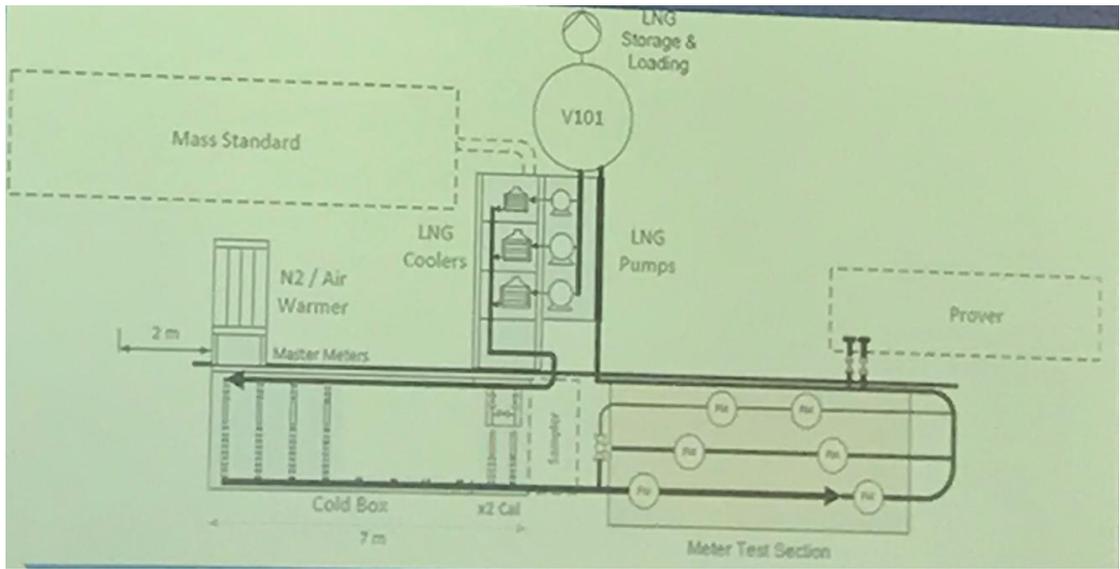


圖 5 LNG 校正計量系統中型規模設施之簡化流程圖



圖 6 運送至天然氣校正站之各組裝件

LNG Flowrate Standard Facility

Trading Process	LNG Flowrate Standard Facility	Max Flowrate Range	Target uncertainty (k=2)
LNG Vehicle Filling	Primary Standard	30m ³ /h	0.1%
LNG Tanker Filling	Primary standard	150m ³ /h	0.16%
LNG Ship Unloading	Upscaling working standard	8700m ³ /h	0.32%

圖 7 中國各式 LNG 應用領域之流率範圍及不確定度

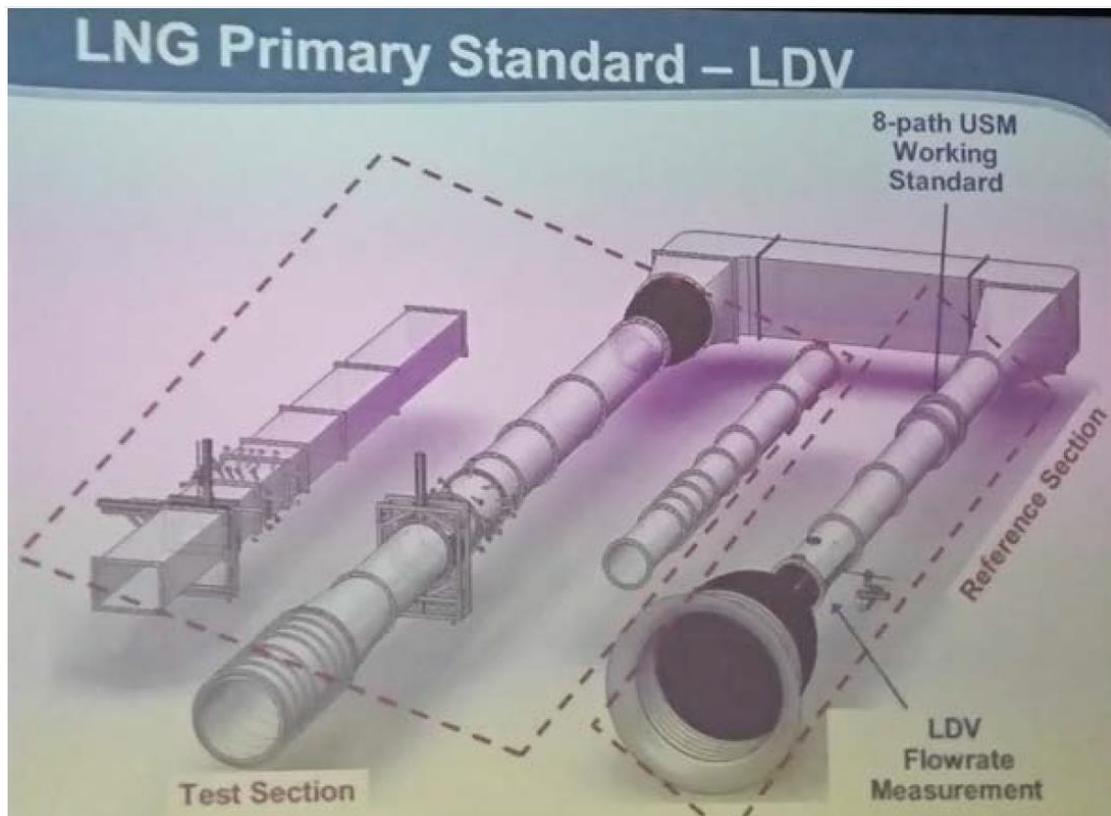


圖 8 LDV 流量標準之系統配置示意圖

(二)液化天然氣計量及校正設備

在液化天然氣(Liquefied Nitrogen Gas, LNG)交易量日益龐大的狀況下，微小的計量誤差即可貢獻相當巨額的損失。也因此，有關歐洲地區對於液化天然氣(Liquefied Nitrogen Gas, LNG)交易與計量準確度的研究成果，成為本次荷蘭流量量測研討會的重點項目。

圖 9 為 LNG 交易量對應計量誤差造成的損失估算結果，一個典型的接收站(10 bm^3 (N)/year)，量測不確定度造成的交易金額，高達約為 500k 歐元。LNG 的體積量測現行主要還是採用靜態量測的體積桶液位計量(Tank Level Gauging)，如圖 10 所示，係透過量測標準體積桶的液位高度來決定 LNG 的體積量。但由於 LNG 的計量都是在離岸的運輸船上進行，海面晃動影響液位量測，加上非動態量測方法其實對 LNG 的密度與熱值的量測無法很精準，因此實際上的誤差可能很高。如圖 11 所示為目前先進的石化燃料輸儲轉運技術，LNG 流量計已經成功商業化，並應用於特殊的計畫、過程的監控及 LNG 前瞻研究上。流量計已成為離岸儲槽(桶)及浮桶儲存卸載量測計量的選項。

採用流量計來量測 LNG 關鍵在於要能使管路壓損盡量降低，減輕幫浦的能耗與氣泡衝擊。因此目前國際上公認的選擇為超音波式流量計與科式力式流量計。圖 12 為兩種流量計用於 LNG 體積量測上的優缺點比較。用於 LNG 體積量測的流量計目前是透過以水或低溫流體(例如液態氮)做為工作流體來進行校正，圖 13 為現有低溫流體校正系統的工作流率與溫度量測範圍、以及實際需要的校正能量範圍，很清楚可以看到若流量計要應用於 LNG 接收站的現場體積量測都必須採用流率外插或溫度外插的方式實現。

目前歐洲計量組織研究計畫(European Metrology Research Programme, EMRP)的研究重點包括 LNG 的計量準確度與碳排放的降低，而針對 LNG 這個研究領域共計有 23 個會員國參與這個計畫，每年投入約兩三百萬歐元

的研究經費。針對 LNG 的交易是根據能量的計算，即將 LNG 裝上載運船或由船上卸貨時均以能量來計總量。LNG 能量 E 的計算須考量包括 LNG 的體積量 (VLNG)、密度 (DLNG) 與總熱值 (Gross Calorific Value, GCVLNG) 等項。

EMRP 針對實現 LNG 計量所規劃的階段性任務如圖 14 所示。第一階段係由荷蘭國家實驗室 VSL 建立 LNG 的原級量測標準系統，流量涵蓋至 25 m³/h，量測不確定度控制在 0.1 % 以內；第二階段再透過標準流量計法將量測能力放大至 200 m³/h，量測不確定度控制在 0.15 % 以內；之後同樣透過標準流量計法逐步將量測系統能力擴建至 1000 m³/h 甚至最終的 10000 m³/h 左右的目標。第一階段已完成，並於 2013 年開始進行第二階段。而針對 LNG 計量所需解決的各項細部工作如圖 15 所示，總共有四個工作群組 (WP) 參與這個計畫，最終目標為將交易用之 LNG 的量測不確定度降低兩倍。WP1 的工作重點是設計和開發可追溯至原級標準的中尺度 LNG 質量和體積流量校正系統，可提供 400 m³/h (相當於 180000 kg/h) 的校正流率；WP2 的工作重點則是開發並驗證 LNG 的採樣和分量測的參考標準，包括採樣器，蒸發器，氣體標準和氣相層析儀 (Gas Chromatography, GC)；WP3 工作小組要開發並驗證決定甲烷值 (Methane Number, MN) 的方法，主要是依據 LNG 組成與相關之氮與高碳成分之氫化合物的修正；WP4 工作小組的工作內容包括藉由 LNG 各項組成成分的參考物質的密度量測來開發及驗證 LNG 密度預測模型、熱焓與熱值計算的不確定度、開發可用於低溫流體即時音速 (Speed of Sound) 與密度量測的感測器。

本次研討會第二日的下午，參觀位於荷蘭的國家計量科學研究院 (MSI) 的 VSL 公司。VSL 的 LNG 原級量測標準系統其管路配置示意圖如圖 16 所示，包含一個 1 m³ 的 LNG 儲存桶、一個冷凍幫浦、被校流量計，並以一個 0.5 m³ 稱重桶放置於質量秤上作為參考標準件。一開始 LNG 藉由幫浦由儲存桶導出並通過被校流量計，再循圖中的「LNG return & pre run」旁通管

路回到儲存桶，待通過被校流量計的 LNG 達穩態後，再將 LNG 導入 0.5 m³ 的稱重桶內，待達到設定的收集體積後，再次將 LNG 轉向經由旁通管導回儲存桶。比較校正過程通過被校流量計的體積量與此段時間內的稱重量，即可完成流量計校正。在 LNG 灌入 0.5 m³ 稱重桶的過程中小部分 LNG 會發生汽化現象，蒸汽會透過額外設計的管路導入蒸汽回收裝置並以特製的流量計進行計量，以進行實際稱重量的補償。為了使管路內的 LNG 維持在次冷狀態以避免因壓力改變而形成兩相流，因此會根據管路內 LNG 的溫度持續做加壓與減壓 3 bar(g) 的範圍，來適度調整 LNG 的溫度。方法是透過圖中標示的「GAS FILL」與「VENT」的管路先加壓 3 bar 使 LNG 的沸騰點提升，LNG 溫度會逐漸上升以與增加的 3 bar 壓力達平衡，此時再減壓使 LNG 溫度降低，重複這個動作。

先前 LNG 原級量測標準系統主要須克服的問題為連接質量秤的管材應力所造成的磁滯阻力 (Parasitic Force)，目前已透過圖 17 所述的三個方法進行改善，分別是將 LNG 與秤重桶連接的管材改為高彈性並設法使水平方向的力平衡，在垂直方向加裝壓電致動器補償有負載與無負載時於垂直方向的位移量，使高度維持一致。此外，系統改良還包括改善溫度量測準確度、降低計時誤差、以及如前所述與被校件連接的管材及脫鉤裝置 (Decoupling System) 均使用高彈性以降低應力的影響，如圖 18 所示。由於溫度探棒須長期使用於極低溫且於校正時會抽出置於常溫，因此本體需要更堅固可耐材料疲乏與應力變化的結構、本體要更細以能更快速反應溫度變化、降低環境溫度對溫度探棒的熱洩漏效應 (Heat Inleak)、溫度量測可考量於管路安裝溫度井等方式以方便替換溫度探棒。

Large scale LNG

- Typical terminal (10 $\text{bm}^3(\text{N})/\text{year}$)
Measurement uncertainty equivalent to 25 M€/year
One cargo load (Q_{max})
Measurement uncertainty equivalent to 500 k€

Small scale LNG

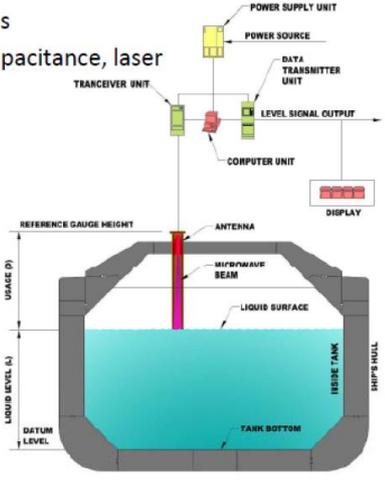
- Measurement capabilities not at par with other fuel legal metrological requirements





圖 9 LNG 交易量對應計量誤差造成的損失估算結果

- Expanded uncertainty (k=2) 0.42% (GIGNL custody transfer handbook 3rd edition)
- Ship based measurements
- Tank strapping => tank deformation => errors in tank tables
- Tank level gauging: Floating, microwave radar, electrical capacitance, laser



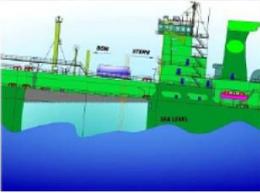



圖 10 靜態量測的體積桶液位計量

Flow metering: state-of-the-art in other hydrocarbon custody transfer

- LNG flowmeters commercially available and thus far used in special projects, process monitoring and LNG terminal pilot studies
- Expanded calibration uncertainty (k=2) 0,4 - 0,5% based on water and LN2 calibrations
- Potential calibration uncertainty (k=2) with real LNG reference system ~0,2%
- Flowmeters as alternative for verification of off-shore tank measurements
- For off shore LNG applications (FPSO – Floating Production Storage Offloading)



Gas metering station in Jordania LNG allocation metering skid in Qatar LNG Floating Production Storage Offloading

圖 11 目前先進的石化燃料輸儲轉運技術

Ultrasonic flow meter

- Very small pressure drop
- Minimum diameter required for accurate measurements
- Available in large diameters up to 40"
- Volume measurement – still requiring density measurement
- Sensitive to flow profile (multi-beam USM can partly correct for flow disturbances)




Coriolis mass flow meter

- Pressure drop significant when used at Qmax (so don't use at Qmax!)
- Very accurate also for small flows and diameters
- Practical upper limit: about 10" (need to use flow meters in parallel)
- Direct mass measurement – no need to measure density
- Not very sensitive to flow profile




圖 12 超音波與科氏力式流量計之特點比較

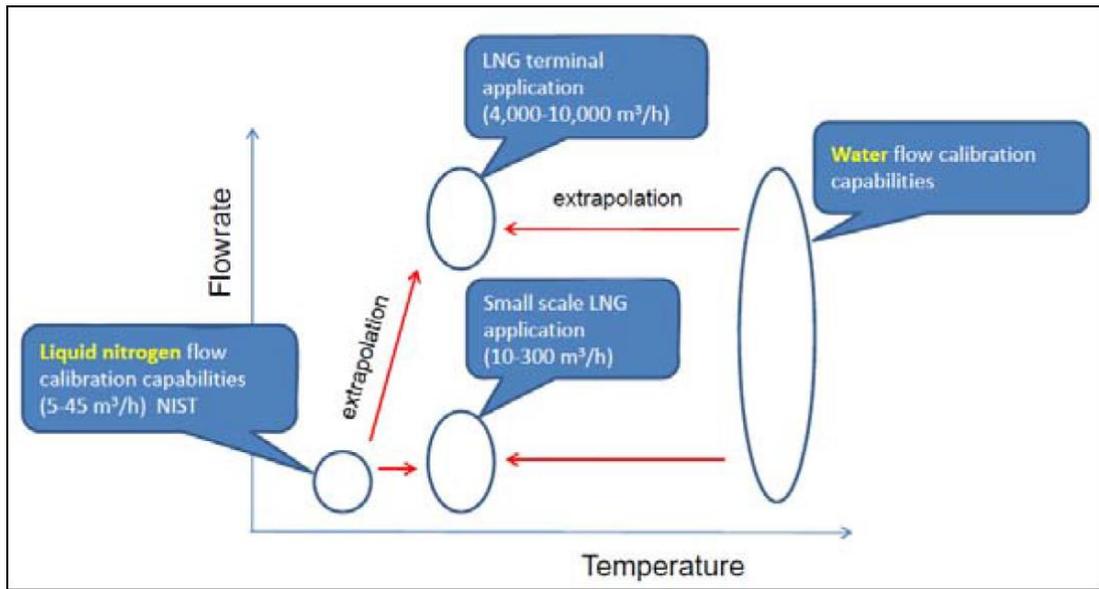


圖 13 液化天然氣各式流量計測試與校正之能量範圍

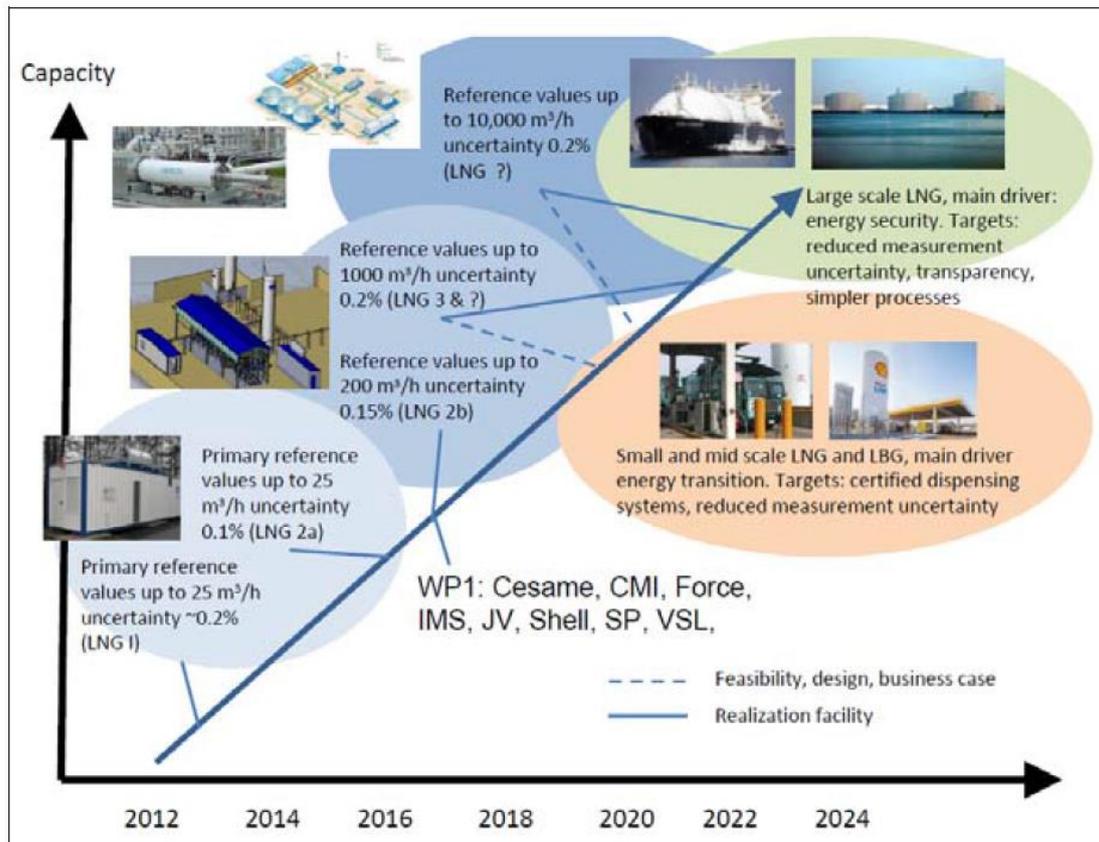


圖 14 EMRP 針對液化天然氣計量所規劃的階段範圍

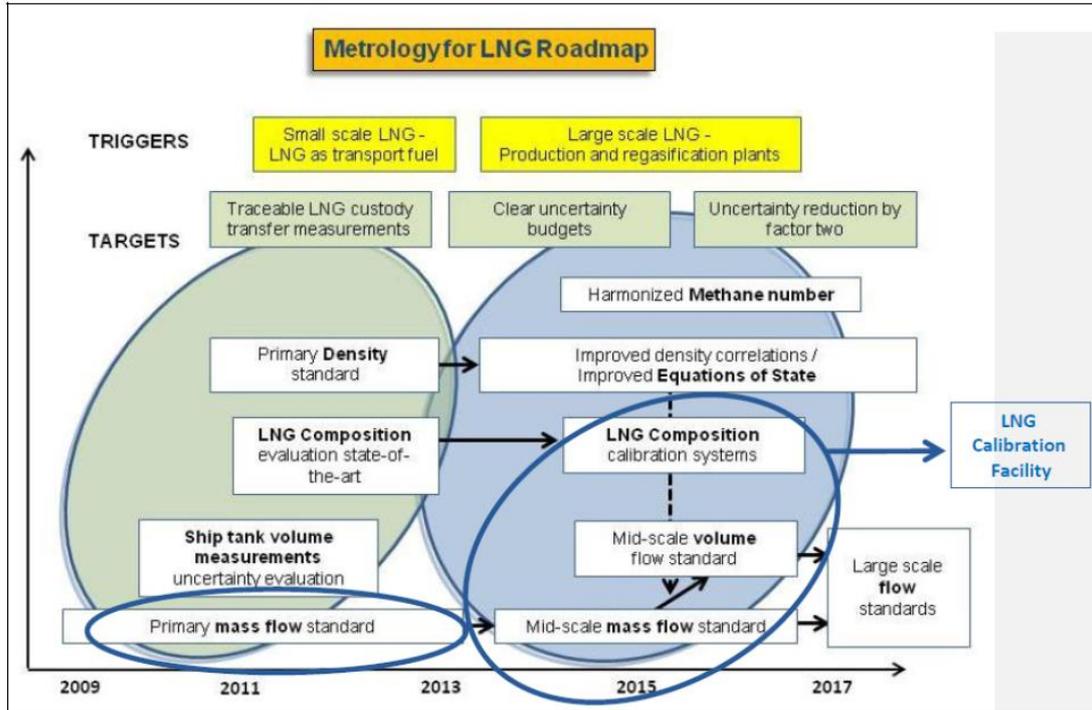


圖 15 EMRP 針對液化天然氣計量所需解決之細部工作

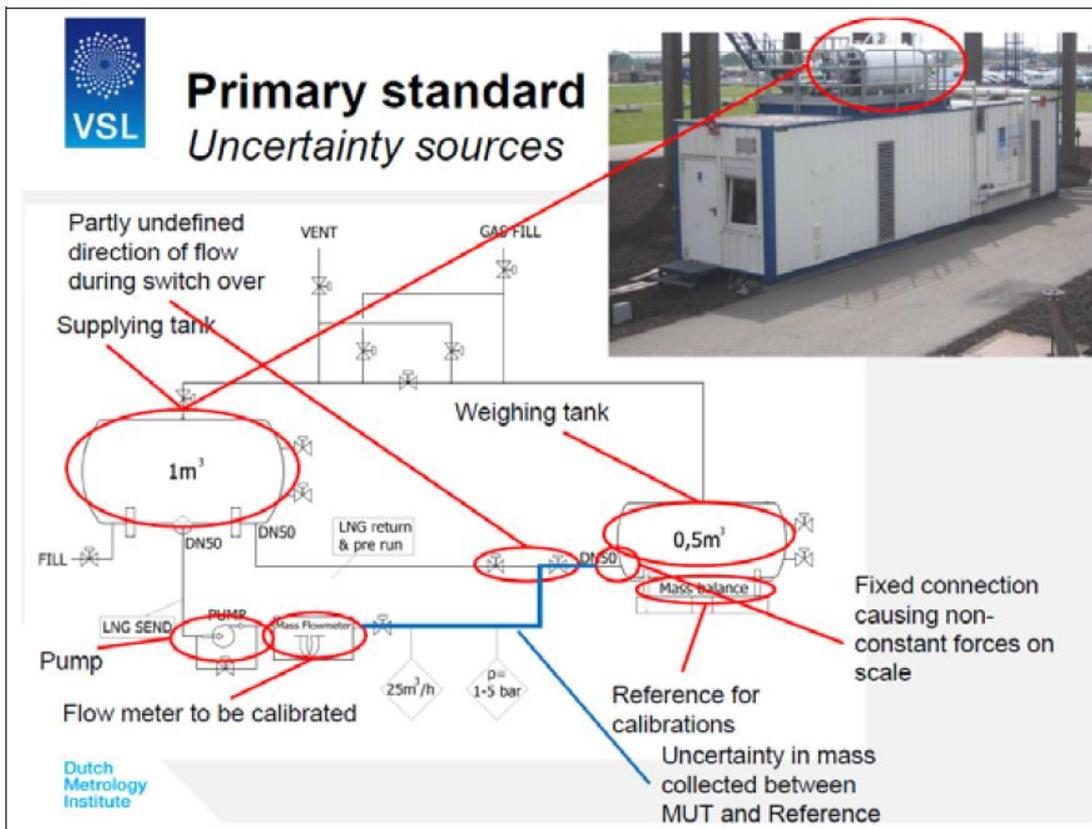


圖 16 VSL 液化天然氣量測設備及管線示意圖

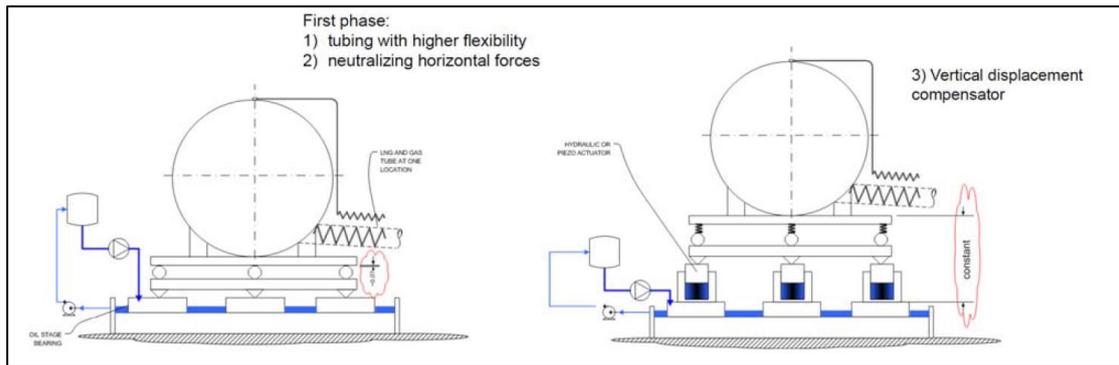


圖 17 液化天然氣原級標準量測系統之改良示意圖

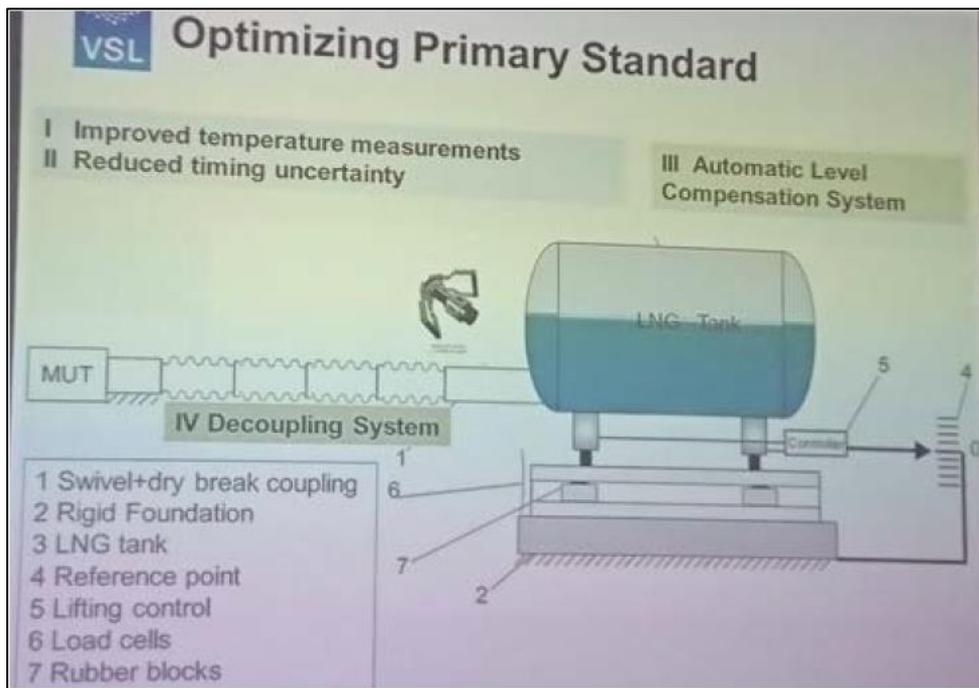


圖 18 VSL 之液化天然氣原級標準量測系統改良

四、具體成效

(一) 了解國際知名流量技術實驗室之研發方向及成果

利用本次參加「2017 歐洲流量計量 (2017EFMWS)研討會」的機會，藉由聆聽各國的成果發表，分別了解美國 CEESI、荷蘭 VSL 及中國 NIM 目前流量實驗室之研究發展方向及成果。

(二) 透過研討會著重的主題了解國際研究發展的趨勢

根據各國研究趨勢分析，瞭解液化天然氣計量及校正相關系統及設備的研究已成為未來天然氣計量及校正之發展趨勢。

(三) 未來研究發展及規劃之參考依據

收集之研討會成果發表資料，亦可作為未來公司天然氣與計量研究之參考，讓本公司研究所之研發工作與國際趨勢接軌。

(四) 與國際知名專家互相交流

與會來賓多為國際知名學者專家，透過研討會進行交流互動，學習專家的研究精神與實驗態度，內化提升內在研究能量，提升國際視野。

五、心得及建議

本次有幸奉派參加「2017 歐洲流量計量 (2017EFMWS)研討會」，除利用機會了解國際知名流量技術實驗室之研發方向及成果外，透過研討會著重的主題，也了解到目前國際研究發展的趨勢，期許自己將收集之相關研討會成果發表資料，帶回國內，作為未來公司天然氣與計量研究之參考，除可讓本公司研究所之研發工作與國際趨勢接軌外，面對國際市場及趨勢的演變，能提早準備及因應。

另外，藉由本次研討會的主要議題可以了解到液化天然氣計量及校正，已漸漸成為目前國際上計量領域研究的重點，時間點恰逢國內液化天然氣灌裝設施評估建置之際，建議可在國內設置灌裝設施時，一併將液化天然氣之計量研究納入，除可增進研發深度外，也可與國際研發趨勢接軌。

本次行程圓滿順利，除感謝同行工研院量測中心蕭俊豪博士及郭景宜博士。也感謝中國 NIM 張亮博士及韓國 KRIS Woon Kang 博士這幾天的討論。另外 Mr. Dushyant Parkhi 邀請參觀荷蘭 VSL 公司並做詳細的解說也讓自己受益良多。藉由本次研討會，除了解國際流量計量技術及天然氣等氣體燃料發展趨勢及市場演變外，也透過與現場與會先進前輩交流，提升國際視野。

附錄

附錄一 大會議程

TWO WORKSHOPS JOIN FORCES

LNG Metrology
for LNG
METROLOGY Workshop 2017

5TH
EUROPEAN
FLOW MEASUREMENT
By VSL and CEESI
WORKSHOP 2017

AGENDA

4 - 7 APRIL 2017
NOORDWIJK, THE NETHERLANDS

The image is a promotional poster for two workshops. It features a background of a cityscape with buildings and houses, overlaid with a green and blue gradient. The text is white and black. The top section is a black bar with the text 'TWO WORKSHOPS JOIN FORCES'. Below this, the first workshop is advertised with a large 'LNG' logo, a flame icon, and the text 'Metrology for LNG METROLOGY Workshop 2017'. The second workshop is advertised with a circular logo containing stars and the text '5TH EUROPEAN FLOW MEASUREMENT By VSL and CEESI WORKSHOP 2017'. The bottom section is a black bar with the text 'AGENDA', '4 - 7 APRIL 2017', and 'NOORDWIJK, THE NETHERLANDS'.

Day 1 | TUESDAY 4 APRIL 2017

LNG FOR METROLOGY WORKSHOP

- 07:00 - 09:00 Breakfast & Registration - sponsored by SICK, ABB & NMI
- 09:00 - 09:10 Welcome - Joost Groen (VSL)
- 09:10 - 09:30 Opening - Nellie Schipper (VSL) and Jeremiah Gage (CEESI)
- 09:30 - 10:15 Keynote Lecture - "Setting the standard" - Cees Dikker (Shell)
- 10:15 - 10:45 Coffee break - sponsored by KROHNE, Mustang Sampling & Endress+Hauser
- 10:45 - 11:10 Metrology for LNG - Gerard Nieuwenkamp (VSL)
- 11:10 - 11:35 A new method for energy determination for LNG - Terry Williams (Orbital Gas Systems)
- 11:35 - 12:00 Advanced techniques in LNG sampling - Kevin Warner (Mustang Sampling)
- 12:00 - 13:00 Lunch - sponsored by OGM and CEESI
- 13:00 - 13:25 LNG according to ISO, OIML R117 and MID - Marc Schmidt (NMI Certin)
- 13:25 - 13:50 Dynamic measurement of liquefied natural gas - Pico Brand en Frank Grunert (Krohne)
- 13:50 - 14:15 Long term stability of coriolis flowmeters in cryogenic fluids - Kyle Kergen, Paul Ceglia and Alfred Rieder (Endress & Hauser)
- 14:15 - 14:40 Using coriolis meters on LNG trucks - Anders Andersson (Fagerberg)
- 14:40 - 15:05 Reducing re-calibrations is justified by a density analysis on LNG for Micro Motion coriolis meters - Aart Pruysen (Emerson)
- 15:05 - 15:35 Coffee Break - sponsored by Honeywell and NMI
- 15:15 - 19:00 Visit to the new LNG calibration facility in Rotterdam



Day 2 | WEDNESDAY 5 APRIL 2017

JOINT PROGRAM: LNG WORKSHOP AND EFMWS

- ☛ 07:00 – 09:00 **Breakfast & Registration – sponsored by OGM, Yokogawa, Endress+Hauser & Flexim**
- ☛ 09:00 – 09:15 **Welcome and Opening – Joost Groen (VSL)**
- ☛ 09:15 – 09:40 **LNG measurement for small scale applications: static vs. dynamic systems – Susana Sanz, Concepción Rabinal and Francisco Javier Lezaun (Enagás)**
- ☛ 09:40 – 10:05 **Experience from LNG flow tests for ship-to-ship transfer and bunkering – Jesper van der Putte (TNO), Bas van den Beemt (HSH) and Ralph Kwaaitaal (Flexim)**
- ☛ 10:05 – 10:30 **Preliminary design of NIM's LNG flowrate primary standard – Lian Zhang, Tao Meng and Chi Wang (NIM China)**
- ☛ 10:30 – 11:00 **Coffee Break – sponsored by Emerson, GE and ABB**
- ☛ 11:00 – 11:25 **The NIST/CEESI LNG calibration facility – Tomas Kegel (CEESI)**
- ☛ 11:25 – 11:50 **The VSL LNG research and calibration facility – Mijndert van der Beek (VSL)**
- ☛ 12:00 – 13:00 **Lunch – sponsored by KROHNE and Emerson**
- ☛ 13:30 – 13:25 **Thermodynamic properties of liquefied natural gases – Monika Thol, Rafael Lentner, Christopher Tietz, Reiner Kleinrahm, Roland Span and Markus Richter (Ruhr-Universität Bochum)**
- ☛ 13:25 – 13:50 **Miniaturized gas composition sensor for natural gas and biogas – Arjen Boersma and Huib Blokland (TNO)**
- ☛ 13:50 – 14:15 **Real-time monitoring of natural gas, field test performed at Liander Amsterdam – Joost Lötters (Bronkhorst)**
- ☛ 14:15 – 15:00 **Keynote lecture "Next level of standards needed in the food industry" – Karel Horn (FrieslandCampina)**
- ☛ 15:00 – 15:30 **Coffee Break - sponsored by Honeywell and NMI**
- ☛ 15:00 – 18:00 **Exhibitor Time**



Day 3 | THURSDAY 6 APRIL 2017

EUROPEAN FLOW MEASUREMENT WORKSHOP

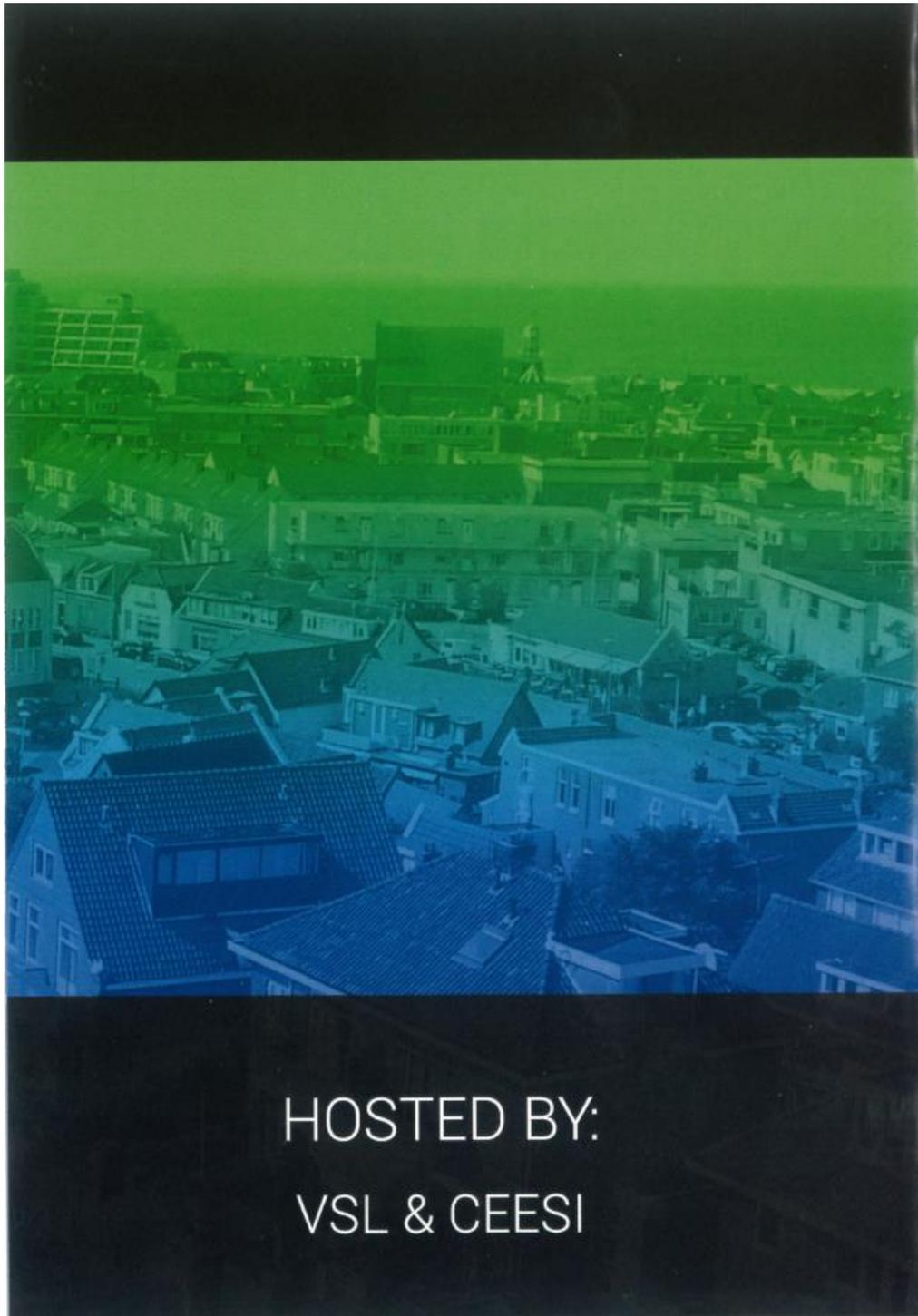
07:00 - 09:00	Breakfast – sponsored by Emerson, GE and Mustang Sampling
09:00 - 09:25	Metrological life cycle management theory and practice – Rene Stoelinga (Sabic) and Wim Volmer (NMI Certin)
09:25 - 09:50	Is further cost reduction in calibration and recalibration of gas meters achievable and advisable – Henk Riezebos and Ronald ten Cate (DNV-GL)
09:50 - 10:15	Cost saving metering station maintenance for allocation systems – Ranveig Nygaard Bjørk, Astrid Marie Skålvik and Armin Pobitzer (Christian Michelsen Research)
10:15 - 10:45	Coffee Break – sponsored by OGM, ROSEN and Yokogawa
10:45 - 11:10	Finding an optimal solution in the combination of inline and clamp-on ultrasonic flowmeters – Dick Laan (Krohne)
11:10 - 11:35	A review of sonic nozzle operation, uses of sonic nozzles in the metering industry – Blaine Sawchuk (Canada Pipeline Accessories)
11:35 - 12:00	Type approval testing of a low power fully intrinsically safe four-path ultrasonic flowmeter – Arjan Stehouwer and Saul Jacobson (Transus Instruments)
12:00 - 13:00	Lunch – sponsored by SICK and CEESI
13:30 - 13:25	Development of balance system on crude oil pipelines in Czech Republic – Miloslav Poustka (Mero CR)
13:25 - 13:50	The importance of calibrating at service conditions; temperature, pressure, viscosity and Reynolds number effects – Chris Mills (NEL)
13:50 - 14:15	Making the most of on-site work by starting with a proper paper review: a practical water-in-crude case – Erik Smits (VSL)
14:15 - 14:40	The Use of Liquid USMs in the Transition and Laminar Flow Region - Measurement of High Viscosity Oils – Terry Cousins (CEESI)
14:40 - 15:10	Coffee Break – sponsored by Emerson and KROHNE
15:10 - 15:35	Verification, diagnostics and audit trailing of ultrasonic gas measurement systems – Jan Drenthen (JD Measurement Solutions)
15:35 - 16:00	Systematic comparison of flow patterns downstream from a double-bend out of plane and the novel asymmetric swirl disturbance generator – Denis Hinz and Mario Turiso (Kamstrup)
16:00 - 16:25	Additional benefits clamp-on ultrasonic flowmeters can add to operation processes and safety – Eike Schwede and Ingrid Panicke (Flexim)
16:25 - 16:50	A new approach of mass flow rate measurement of particle-gas flow using of vortex flowmeter – H. Farahzadi, S.H. Hashemabadi and M. Shirvani (Iran University of Science and Technology)
17:00 - 19:00	Cocktail Party – sponsored by Canada Pipeline Accessories
19:00 - 22:00	Workshop Dinner

Day 4 | FRIDAY 7 APRIL 2017

EUROPEAN FLOW MEASUREMENT WORKSHOP

- 07:00 – 09:00 Breakfast – sponsored by KROHNE, Honeywell and ROSEN
- 09:00 – 09:25 Venturi vs. ultrasonic meter comparisons - the heretical unauthorized version – Gary Fish (Solartron)
- 09:25 – 09:50 Experiences with the permanent series connection of USM in German gas market – Claus Girschik, Toralf Dietz, Jörg Wenzel and Daniel Heinig (SICK)
- 09:50 – 10:15 Technology qualification (TQ) of dual configuration ultrasonic flowmeter with combined direct and reflective paths – Henk Riezebos (DNV-GL) and Jacob Freeke (Emerson)
- 10:15 – 10:45 Coffee break – sponsored by SICK and Flexim
- 10:45 – 11:10 32 beam ultrasonic flow meter tests at CEESI liquid hydrocarbon flow calibration facility – Julien Porré (Oil & Gas Measurement) and Terry Cousins (CEESI)
- 11:10 – 11:35 Liquid USM path configuration: chasing the unicorn – Tom Ballard (GE)
- 11:35 – 12:00 Testing ISO/TR 11583 outside its range of applicability: areas for possible improvement – Michael Reader-Harris, Emmelyn Graham and Claire Forsyth (NEL)
- 12:00 – 12:25 Modelling of wet gas flow in horizontal and vertical upward venturi meters to predict the differential pressure – Hans van Maanen (Hint Global) and Rick de Leeuw (Shell)
- 12:25 – 12:50 My life in measurement – Terry Cousins (CEESI)
- 13:00 – 14:00 Grab 'n' Go Lunch





HOSTED BY:
VSL & CEESI

附錄二 與會人員名單



List of registrations

Snapshot of Friday March 31st, 12:00

Registrations made after this date and time are not included in this list

Note that the definitive list of attendees will be sent to all attendees after the Workshops.

Mr./Ms.	First name	Last name	Country	Company
Mr.	Jose Manuel	Abascal	Spain	GAS NATURAL FENOSA ENGINEERING
Mr.	William	Abe	Brazil	Incontrol Ltda.
Mr.	Jesus	Aguilera	Switzerland	Endress+Hauser Flowtec AG
Mr.	Masashi	Akao	Japan	OSAKA GAS CO.,LTD.
Mr.	Anders	Andersson	Sweden	Gustaf Fagerberg AB
Mr.	Gary	Astle	United States of America	Faure Herman Meter
Mrs.	Annarita	Baldan	Netherlands	VSL
Mr.	Thomas	Ballard	United States of America	GE Digital Solutions
Mr.	Mark	Ballico	Australia	National Measurement Institute of Australia
Mr.	Martin	Basil	United Kingdom	SOLV Limited
Mr.	Andreas	Benkert	Germany	Diehl Metering GmbH
Mr.	Jos	Bergervoet	Netherlands	Elster-Instromet B.V. Part of Honeywell
Mr.	Erik	Beumer	Netherlands	NMI Certin B.V.
Mr.	Jan Inge	Bjerkely	Norway	Emerson Norway
Ms.	Ranveig Nygaard	Bjerk	Norway	Christian Michelsen Research
Mr.	Huib	Blokland	Netherlands	TNO
Mr.	Arjen	Boersma	Netherlands	TNO
Mr.	Ekaterina	Bolshakova	Netherlands	IMS Industries
Mr.	Rien	Bosma	Netherlands	VSL
Mr.	Thierry	Bottequin	Belgium	Fluxys Belgium
Mr.	Gerard	Bottino	France	GE
Mrs.	Lisa	Bowers	United States of America	W.E.S.T
Mr.	Pico	Brand	Netherlands	KROHNE
Mr.	Eric	Bras	Germany	Honeywell
Mrs.	Ilona	Bruil	Netherlands	VSL
Ms.	Fiona	Butters	United Kingdom	Emerson Process Management Ltd
Mr.	Oliver	Büker	Sweden	RISE
Mr.	Mike	Carter	United States of America	W.E.S.T
Mr.	Roberto	Cerrato	Spain	Gas Natural SDG,S.A.
Mr.	Yi-Te	Chou	Taiwan	CPC Corporation, Taiwan
Mr.	Gaël	Chupin	Norway	Justervesenet
Mr.	Barrington	Clark	Switzerland	Endress+Hauser Instruments International AG
Mr.	Laurent	Cordier	Belgium	Fluxys Belgium
Mr.	Terry	Cousins	United States of America	CEESI
Mr.	Curtis	Cowell	Canada	Canada Pipeline Accessories
Mrs.	Marion	de Niet	Netherlands	VSL
Mr.	Hilko	den Hollander	Netherlands	KROHNE
Mr.	Cees	Dikker	Netherlands	Shell
Ms.	Natalija	Divjak - Lazović	Serbia	NIS AD Novi Sad
Mr.	Aleksei	Domostroev	Russian Federation	VNIIM n. D.I.Mendeleeev
Mr.	Hubbard	Donald	United States of America	Cameron, a Schlumberger company
Mr.	Erwin	Doorenspleet	Switzerland	Endress+Hauser Flowtec AG
Mr.	Jan	Drenthen	Netherlands	JD Measurement Solutions
Mr.	Frode	Endresen	Norway	KROHNE Norway AS
Mr.	Mehrdad	Esfandiari	United Kingdom	Uniper Technologies
Mr.	Gary	Fish	United Kingdom	Solartron ISA
Mr.	Serge	Flohr	Belgium	SICK NV
Mr.	Vincent	Fokkema	Netherlands	VSL
Mr.	Jacob	Freeke	Netherlands	Emerson
Mr.	Frank	Frenzel	Germany	ABB
Mr.	Sebaslieri	Frey	Switzerland	Endress+Hauser Flowtec
Mr.	Jeremiah	Gage	United States of America	CEESI

Mr.	Frank	Gerritse	Netherlands	GE
Mr.	Claus	Girschik	Germany	SICK Engineering GmbH
Mr.	P.Alberto	Giuliano Albo	Italy	inrim
Mr.	Mart	Gloude-mans	Netherlands	SICK AG
Mr.	Joost	Groen	Netherlands	VSL
Mr.	Yuri	Gurevich	Canada	Research in Flows Inc.
Mr.	Mikhail	Gurevich	United Kingdom	Oil & Gas Holdings
Mr.	Adeel	Hassan	Netherlands	KROHNE Limited
Mr.	Carsten	Heinks	Netherlands	ROSEN Group
Mr.	Volker	Herrmann	Germany	SICK Engineering GmbH
Mr.	Arend	Herwijn	Netherlands	Kwa Technology
Mr.	Jens	Hilpert	Germany	Flexible Industriemesstechnik GmbH
Mr.	Herman	Hofstede	Netherlands	KROHNE Oil & Gas
Mr.	Johannes	Hopster	Netherlands	ROSEN Group
Mr.	Karel	Horn	Netherlands	Royal FrieslandCampina
Mr.	Thomas	Horst	Germany	SICK Engineering GmbH
Mr.	M.	Hutteman	Denmark	Force technology
Mr.	Thomas	Jacobsen	Denmark	Force Technology
Mrs.	Eveline	Janse	Netherlands	Everlution
Mr.	Craig	Johnston	United Kingdom	CBE Measurement Engineering Ltd
Mr.	Woong	Kang	Korea, Republic Of	KRISS
Mr.	Anders	Karlsson	Sweden	SP Technical Research Institute of Sweden
Mr.	Thomas	Kegel	United States of America	CEESI
Mr.	Kyle	Kergen	Switzerland	Endress + Hauser
Mr.	Oswin	Kerkhof	Netherlands	VSL
Mr.	Johan Bunde	Kondrup	Denmark	FORCE Technology
Mr.	Anton	Konopelko	Russian Federation	VNIIM
Ms.	Yvonne	Kotts	United Kingdom	Petrofac
Mr.	Sergey	Kruchkov	United Kingdom	ENHA
Mr.	Henk	Kuiper	Netherlands	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Ms.	Ching-Yi	Kuo	Taiwan	Industrial Technology Research Institute
Mr.	Tom	Kuperij	Netherlands	WIB
Mr.	Ilya	Kuzmin	United Kingdom	Oil & Gas Measurement Limited
Mr.	Ralph	Kwaaitaal	Netherlands	FLEXIM Instruments Benelux
Ms.	Simona	Lago	Italy	INRIM
Mr.	Jason	Laidlaw	United Kingdom	Emerson
Mr.	Tommy	Lambin	Netherlands	DOW Benelux B.V.
Mr.	Aart	Lans	Netherlands	360°KAS BV
Mr.	Fabien	Le Corre	France	Faure Herman
Ms.	Julie	Ledy	France	CRYOSTAR SAS
Mr.	Jirko	Lehmann	Germany	SICK Engineering GmbH
Mr.	Oeyvind	Leknes	Norway	Gassco AS
Mr.	Francisco Javier	Lezaun	Spain	ENAGÁS S.A.
Mr.	Fabrice	Linares	United Kingdom	Metering & Technology (M&T.)
Mr.	Tobias	Linsner	Switzerland	Endress+Hauser Instruments International AG
Mr.	Joost	Lotters	Netherlands	Bronkhorst High-Tech BV
Mr.	Peter	Lucas	Netherlands	VSL
Mr.	Wes	Maru	United Kingdom	Oil & Gas Measurement Limited
Mr.	Gen	Matsuno	Japan	Yokogawa Electric Corporation
Mr.	Rémy	Maury	France	CESAME Exadebit
Mr.	Jim	Mccrorie	Switzerland	Endress+Hauser Flowtec AG
Mr.	Rick	Mekking	Netherlands	Emerson Process Management
Mr.	Jose Manuel	Menéndez	Spain	GAS NATURAL SDG, S.A.
Mr.	Frank	Michels	Germany	SICK AG
Mr.	Graham	Millar	United Kingdom	SGS
Mr.	Christopher	Mills	United Kingdom	TUV NEL
Ms.	Daria	Mudrochenko	Russian Federation	"Transneft Metrology" JSC
Mr.	Ildar	Mullayanov	Russian Federation	JSC "Transneft - Metrology"
Mr.	Jan-Christian	Müller-Rieck	Germany	Marine Service GmbH
Mr.	Tetsuya	Nakano	Japan	Yokogawa
Mr.	Gerard	Nieuwenkamp	Netherlands	VSL
Mr.	Hans	Noorlander	Netherlands	Honeywell
Mr.	Martin	Novak	United Kingdom	Honeywell
Mr.	Simon	Oury	France	CRYOSTAR SAS
Mr.	Javier	Pardinas	Spain	Enagas S.A.
Mr.	Anfinn	Paulsen	Norway	Gassco AS
Mr.	Roger	Pedersen	Norway	Gasnor
Mr.	Nikola	Pelevic	Netherlands	VSL

Mr.	Jose	Pellitero Perez	Spain	GAS NATURAL FENOSA
Mr.	Michael	Pellmann	Germany	Honeywell
Mr.	Andrea	Peruzzi	Netherlands	VSL
Mr.	Jan	Peters	Netherlands	PeMeCo
Mr.	Harm Tido	Petter	Netherlands	VSL
Mr.	Peter	Ploß	Germany	Diehl Metering GmbH
Mr.	Konstantin	Popov	Russian Federation	VNIIM
Mr.	Julien	Porré	United Kingdom	Oil and Gas Measurement Limited
Mr.	Miloslav	Poustka	Czech Republic	MERO CR, a.s.
Mr.	Aart	Pruysen	Netherlands	Emerson
Mr.	Francesco	Rampazzo	Italy	MeteRSit s.r.l.
Mr.	Kurt	Rasmussen	Denmark	FORCE Technology
Mr.	Michael	Reader-Harris	United Kingdom	TUV NEL
Mr.	Burkhard	Reetmeyer	Netherlands	ROSEN Group
Mr.	Oscar	Regales	Spain	Cetli Dispensing Technology, S.L.
Mr.	Peter	Remie	Netherlands	Pitpoint Clean Fuels
Mr.	Sergio	Romeo	Germany	Rota Yokogawa
Mr.	Bert	Roos	Netherlands	Emerson Atomation Solutions
Mr.	Grzegorz	Roslonek	Netherlands	Polish Oil and Gas Company
Ms.	Marina	Safonova	Russian Federation	IMS
Ms.	Susana	Sanz	Spain	ENAGÁS S.A.
Mr.	Danny	Sawchuk	Canada	Canada Pipeline Accessories
Mr.	Dale	Sawchuk	Canada	Canada Pipeline Accessories
Mr.	Blaine	Sawchuk	Canada	Canada Pipeline Accessories Co Ltd
Mrs.	Nellie	Schipper	Netherlands	VSL
Mr.	Marc	Schmidt	Netherlands	NMi Certin
Mr.	Bob	Schoofs	Netherlands	GE Sensing Netherlands
Mr.	Yanto	Schraa	Netherlands	360°KAS BV
Mr.	Daniel	Schumann	Germany	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Mr.	Guido	SchwaneKamp	Germany	Flexible Industriemesstechnik GmbH
Mr.	Eike	Schwede	Germany	Flexim GmbH
Mr.	Marc	Seeger	Netherlands	ROSEN Group
Mr.	Jiunn-Haur	Shaw	Taiwan	Center for Measurement Standards/ITRI
Mr.	Nelson	Siem	Netherlands	Aramco Overseas
Mr.	Bradford	Sims	United States of America	Flow Systems
Ms.	Astrid Marie	Skálvik	Norway	Christian Michelsen Research AS
Mr.	Jan	Sluse	Czech Republic	Czech Metrology Institut
Mr.	Erik	Smits	Netherlands	VSL
Mr.	John	Sneek	Netherlands	ExxonMobil
Mr.	Tor Arne	Solheim	Norway	Skangas
Mr.	Arjan	Stehouwer	Netherlands	Transus Instruments BV
Mr.	Richard	Steven	United States of America	CEESI
Mr.	Rene	Stoelinga	Netherlands	SABIC
Ms.	Jelena	Stojanović	Serbia	NIS AD Novi Sad
Mr.	Krister	Stolt	Sweden	RISE
Mr.	Roar	Stormoen	Norway	KROHNE Norway AS
Mr.	Masaki	Takamoto	Japan	Tokyokeiso
Mr.	Kunio	Tanigawa	Japan	NKKK
Mr.	Martin	te Lintelo	Netherlands	Yokogawa Europe
Mr.	Mike	Thackray	United Kingdom	Honeywell
Ms.	Monika	Thol	Germany	Ruhr-Universität Bochum, Thermodynamics
Mr.	Mrozik	Torsten	Germany	Flow Instruments
Mr.	Erik	van de Graaf	Netherlands	NMi Certin bv
Mr.	Remco	van den Berg	Netherlands	VSL
Mr.	Rens	Van den Brink	Netherlands	VSL
Mr.	Mijndert	van der Beek	Netherlands	VSL
Mr.	Paul	van Enckevort	Netherlands	NMi Certin
Mr.	Roy	Van Hartingsveldt	Netherlands	EuroLoop
Mr.	Hans R.E.	van Maanen	Netherlands	Hint Europe B.V.
Mr.	Daan	Velter	Netherlands	Gate terminal BV
Mr.	Marcel	Vermeulen	Netherlands	KROHNE
Mr.	Erik	Vis	Netherlands	VSL
Mr.	Hans-Peter	Visser	Netherlands	ASaP
Mr.	Wim	Volmer	Netherlands	NMi Certin BV
Mr.	Sergey	Vorobyev	Russian Federation	Transneft R&D, LLC
Mr.	Hugo	Vos	Netherlands	VSL
Mr.	Frederic	Vulovic	France	GRTgaz
Mr.	Roland	Wagner	Germany	Flow Instruments & Engineering GmbH

Mr.	Joey	Walker	United Kingdom	Loughborough University / EffectTech Ltd
Mr.	Theo	Warmenhoven	Netherlands	ENGIE E&P
Mr.	Kevin	Warner	United States of America	Mustang Sampling
Mr.	Joerg	Wenzel	Germany	SICK Engineering GmbH
Mr.	Johannes	Wiebe	Germany	Rota Yokogawa GmbH & Co. KG
Mr.	Terry	Williams	Netherlands	Orbital Gas
Mr.	Stephen	Woodman	United Kingdom	Shell