

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書
(出國類別：開會)

ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011

服務機關：中油公司煉研所
姓名職稱：黃財旺/機械工程師
派赴國家：日本，浜松
出國期間：100 年 7 月 23 日至 7 月 29 日
報告日期：100 年 10 月 07 日

ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011

摘 要

天然氣之計量方式及準確性事關本公司及客戶之利益甚巨，為維護本公司之公信力及誠信形象，本公司煉製研究所之「氣體大流量校正實驗室」正執行各燃氣電廠計量超音波流量計之校正工作，為提升氣體大流量校正技術，確保氣體交易流量計之準確性及提升公司整體形象，本次與工研院量測中心蕭俊豪組長赴日本濱松(Queretaro)參加「ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011」，除了共同發表論文一篇外，也藉此機會聽取世界各國流體量測技術之研究心得，吸收各國對於量測之技術與經驗，並建立相關之人脈管道。

本次研討會由美國日本及韓國機械工程學會聯合會主辦，日本濱松市政府及觀光協會贊助。與會人員來自世界各國，中國大陸是主辦國日本以外參與人數最多者，佔與會人數 15%以上。研討會 Oral Presentations 之論文主題分為三大類：Symposium, Forum and Technical Flash。Symposium 又分為 S01 至 S26 等 26 個小主題，Forum 又分為 F01 至 F06 等 6 個小主題，Technical Flash 又分為 T01 至 T04 等 4 個小主題，相關論文共約 4169 篇，另有 Poster Presentations 論文共 40 篇，工研院量測中心與台電公司及本公司共同提出論文一篇，論文題目為「NATIONAL MEASUREMENT INFRASTRUCTURE FOR HIGH-PRESSURE NATURAL GAS AND TRACEABILITY PRACTICES」，論文序號為 AJK2011-31024。

ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011

目錄

一、目的.....	1
二、過程簡述.....	1
三、開會心得.....	7
四、建議.....	36

ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011

一、目的

本公司負責供應國內電廠、工業用戶及一般客戶所需之天然氣。電廠及工業用戶等大客戶部份：以管線直接輸送，熱值計價，利用流量計度量天然氣之體積，以 GC 分析天然氣組成，再根據相關標準計算天然氣熱值；一般客戶部份：本公司將天然氣售予瓦斯公司，然後再由瓦斯公司以小管線送給客戶，以氣量錶量得之天然氣體積計價，單位為度，即一大氣壓、15.6°C、一立方米之天然氣為一度。

目前國內天然氣交易計量之校正工作分工為：本公司天然氣事業部負責常壓氣量錶之定期校正工作，工研院量測中心國家標準一級高壓氣體流量校正實驗室則能提供 10,000 m³/h 以內，三吋管徑氣體流量計之校正服務，本公司在煉製研究所建立之「氣體大流量校正實驗室」則提供 240,000 m³/h 常壓流率(或 4,000 m³/h 60 bars)以內之氣體流量計校正服務。

本公司煉製研究所之「氣體大流量校正實驗室」正執行各燃氣電廠計量超音波流量計之校正工作，為提升氣體大流量校正技術，確保氣體交易流量計之準確性及提升公司整體形象，本次與工研院量測中心蕭俊豪組長赴日本浜松參加「ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011」，除了共同發表論文一篇外，也藉此機會聽取世界各國流體量測技術之研究心得，吸收各國對於量測之技術與經驗，並建立相關之人脈管道。

二、過程簡述

本開會計畫自一百年七月二十三日至七月二十九日共七天。七月二十三日從桃園國際機場出發到日本中部國際機場，轉搭火車至浜松市，下榻於會議舉行地點 ACT CITY CONGRESS CENTER 附近之 Okura Act City Hotel，ACT CITY CONGRESS CENTER 在市中心，緊鄰 JR 車站，交通方便。

此次研討會之 Program Schedule 如表一。第一天：報到註冊及歡迎會；第二天：上午開幕典禮及大會演講，分別由工業界、學術界及政府代表演說，下午開始進行分組技術研討；第三天：ASME 大會演講及分組技術研討；第四天：KSME 大會演講及分組技術研討；第五天：JSME 大會演講及分組技術研討；第六天：參訪旅遊。

表一、Program Schedule (July 2011)

24 (Sunday)	Registration, Welcome Reception	
25 (Monday)	Plenary Lectures for Industry - Academia - Government, Technical Sessions	
26 (Tuesday)	Plenary Lectures from ASME, Technical Sessions	
27 (Wednesday)	Plenary Lectures from KSME, Technical Sessions, Banquet	
28 (Thursday)	Plenary Lectures from JSME, Technical Sessions	
29 (Friday)	Excursion	

研討會 Oral Presentations 之論文分為三大類：Symposium, Forum and Technical Flash。Symposium 又分為 S01 至 S26 等 26 個小主題，Forum 又分為 F01 至 F06 等 6 個小主題，Technical Flash 又分為 T01 至 T04 等 4 個小主題，相關論文共約 4169 篇，Oral Presentations 各主題之名稱如表二，論文題目如附件 1。

F01「Forum on Fluid Measurements and Instrumentation」與本公司業務較相關，該主題涵蓋流體特性及計量之量測技術及儀器，內容有：laser velocimetry, particle imaging velocimetry, hotwire/hot-film anemometry, pressure probes and instrumentation, metering of gas, liquid, and multiphase flows, flow visualization, ultrasonics, and any other topic for flow regimes ranging from low speed liquids to hypersonic gas flow. Additional emphasis including multiphase flow characterization and techniques to measure slurry properties such as phase, density, and viscosity 等，相關論文共 20 篇。

研討會另有 Poster Presentations 論文共 40 篇，論文題目如附件 2，工研院量測中心與台電公司及本公司共同提出 Poster Presentations 論文一篇，論文題目為「NATIONAL MEASUREMENT INFRASTRUCTURE FOR HIGH-PRESSURE NATURAL GAS AND TRACEABILITY PRACTICES」，研討會論文序號為 AJK2011-31024，論文內容如附件 3。

研討會的 Program Overview 如表三。

表二、ORAL PRESENTATIONS 各主題名稱

- S01. 16th Symposium on Algorithmic Developments in CFD
- S02. 6th Symposium on DNS, LES and Hybrid RANS/LES Methods
- S03. 11th Symposium on Applications in Computational Fluid Dynamics
- S04. 11th International Symposium on Numerical Methods for Multiphase Flow
- S05. 12th International Symposium on Advances in Numerical Modeling for Turbomachinery Flow Optimization
- S06. 7th International Symposium on Pumping Machinery
- S07. 11th International Symposium on Fluid Power
- S08. 12th Symposium on Fluid-Structure Interaction and Flow-Induced Noise in Industrial Applications
- S09. 12th International Symposium on Liquid-Solid Flows
- S10. 12th International Symposium on Gas-Liquid Two-Phase Flows
- S11. Symposium on Non-Invasive Measurements in Single and Multiphase Flows
- S12. 13th International Symposium on Gas-Particle Flows
- S13. 6th Symposium on Flow Manipulation and Active Control: Theory, Experiments and Implementation
- S14. 10th Symposium Transport Phenomena in Materials Processing and Manufacturing Processes
- S15. 5th International Symposium on Flow Applications in Aerospace
- S16. 9th Symposium on Fundamental Issues and Perspectives in Fluid Mechanics
- S17. 4th Symposium on Transport Phenomena in Energy Conversion From Clean and Sustainable Resources
- S18. Computational Fluid Dynamics of Nuclear Engineering Applications and Systems
- S19. 2nd Symposium on Bio-Inspired Fluid Mechanics
- S20. Symposium on Development and Applications of Immersed Boundary Methods
- S21. 4th Symposium on the Transport Phenomena in Mixing
- S22. 23rd Symposium on Fluid Machinery
- S23. Symposium on Issues and Perspectives in Ground Vehicle Flows
- S24. 3rd Symposium on CFD Verification And Validation
- S25. 2nd International Symposium on Turbulent Flows: Issues and Perspectives
- S26. 18th Symposium on Industrial and Environmental Applications of Fluid Mechanics

- F01. Forum on Fluid Measurements and Instrumentation
- F02. Open Forum on Multiphase Flows: Work in Progress
- F03. 46th Cavitation and Multiphase Flow Forum
- F04. Advances in Fluids Engineering Education
- F06. Microfluidics Summer Forum

- T01. Technical Flash on Complicated Phenomena in Industry
- T02. Technical Flash on Progress in CFD Software
- T03. Technical Flash on Environmental Problems and New Energies
- T04. Technical Flash on Applications of Nonintrusive Fluid Measurement

表三 Program Overview (1/2)

Day Date	Time Slot	Room Number & Activities							
		Room Number 21	Room Number 22	Room Number 23	Room Number 31	Room Number 41	Room Number 32		
July, 24 (Sun)	16:00-18:00								
	18:00-20:00				Registration (1F Entrance Lobby)				
July, 25 (Mon)	08:00-16:00				Registration (1F Entrance Lobby)				
	08:30-09:00				Opening Ceremony (Concert Hall (Middle Hall))				
	09:00-12:00				Plenary Session (3 papers, Concert Hall (Middle Hall))				
	12:00-13:30				Lunch & Luncheon Lecture (4F Room Number 41) · Lunch & Luncheon Seminar (3F Room Number 31)				
	13:30-15:30	S25-01	S10-01	F06-01	T02-01	S06-01			
	15:30-16:00				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
	16:00-18:00	S25-02	S10-02	F06-02	T02-02	S06-02			
	17:00-19:00				AJK 2011 Executive Member Meeting (Invited Only) (5F Room Number 51)				
July, 26 (Tue)	08:00-16:00				Registration (1F Entrance Lobby)				
	08:30-10:30	S25-03	S10-03	F06-03	T02-03	S06-03			
	10:30-11:00				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
	11:00-13:00	S08-01	S10-04	F06-04	S22-01	S06-04			
	13:00-14:30				Lunch & Luncheon Lecture (4F Room Number 41) · Lunch & Luncheon Seminar (3F Room Number 31)				
	14:30-15:30				Plenary Session (ASME, 4F Room Number 41)				
	15:30-16:00				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
	16:00-18:00	S08-02	S10-05	T01-01	S22-02	S06-05			
July, 27 (Wed)	18:00-20:00				Evening Session (Poster Session) (3F Lobby & 5F Lobby)				
	08:00-16:00				Registration (1F Entrance Lobby)				
	08:30-10:30	S08-03	T03-01	T01-02	S22-03	S06-06			
	10:30-11:00				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
	11:00-13:00	S08-04	T03-02	S01-01	S22-04	S06-07			
	13:00-14:30				Lunch & Luncheon Lecture (4F Room Number 41) · Lunch (3F Room Number 31)				
	14:30-15:30				Plenary Session (KSME, 4F Room Number 41)				
	15:30-16:00				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
July, 28 (Thu)	16:00-18:00	S08-05	S16-01	S01-02	S22-05	S06-08			
	18:30-21:00				Banquet (Okura Act City Hotel, 4F Room HEIAN)				
	08:00-16:00				Registration (1F Entrance Lobby)				
	08:30-10:30	S05-01	S16-02	F03-01	S22-06	S06-09			
	10:30-11:00				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
	11:00-13:00	S05-02	S16-03	F03-02	S20-01	S06-10			
	13:00-14:10				Lunch (3F Room Number 31 & 4F Room Number 41)				
	14:10-15:10				Plenary Session (JSME, 4F Room Number 41)				
	15:10-15:40				Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)				
	15:40-17:40	S05-03	S16-04	F03-03	S20-02	T04-01			
					Closing Ceremony (4F Room Number 41)				
	17:50-18:10								

Presentation
Preparation Room

表三 Program Overview (2/2)

Day Date	Time Slot	Room Number & Activities				
		Room Number 43	Room Number 44	Room Number 52	Room Number 53	Room Number 54
July, 24 (Sun)	16:00-18:00					Room Number 32
	18:00-20:00			Registration (1F Entrance Lobby)		
July, 25 (Mon)	08:00-16:00			Registration (1F Entrance Lobby)		
	08:30-09:00			Opening Ceremony (Concert Hall (Middle Hall))		
	09:00-12:00			Plenary Session (3 papers, Concert Hall (Middle Hall))		
	12:00-13:30			Lunch & Luncheon Lecture (4F Room Number 41) - Lunch & Luncheon Seminar (3F Room Number 31)		
	13:30-15:30	S03-01	S11-01	S21-01	S23-01	S09-01
	15:30-16:00			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
	16:00-18:00	S03-02	S11-02	S21-02	S23-02	S09-02
July, 26 (Tue)	17:00-19:00			AJK 2011 Executive Member Meeting (Invited Only) (5F Room Number 51)		
	08:00-16:00			Registration (1F Entrance Lobby)		
	08:30-10:30	S03-03	S11-03	S21-03	S23-03	S09-03
	10:30-11:00			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
	11:00-13:00	S03-04	S11-04	S02-01	S23-04	S18-01
	13:00-14:30			Lunch & Luncheon Lecture (4F Room Number 41) - Lunch & Luncheon Seminar (3F Room Number 31)		
	14:30-15:30			Plenary Session (ASME, 4F Room Number 41)		
	15:30-16:00			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
	16:00-18:00	S03-05	S12-01	S02-02	F01-01	S07-01
	18:00-20:00			Evening Session (Poster Session) (3F Lobby & 5F Lobby)		
July, 27 (Wed)	08:00-16:00			Registration (1F Entrance Lobby)		
	08:30-10:30	S03-06	S12-02	S14-01	F01-02	S07-02
	10:30-11:00			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
	11:00-13:00	S03-07	S04-01	S14-02	F01-03	S07-03
	13:00-14:30			Lunch & Luncheon Lecture (4F Room Number 41), Lunch (3F Room Number 31)		
	14:30-15:30			Plenary Session (KSME, 4F Room Number 41)		
	15:30-16:00			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
July, 28 (Thu)	16:00-18:00	S15-01	S04-02	S14-03 (16:00-17:00) F04-01 (17:10-17:50)	S17-01	F02-01
	18:30-21:00			Banquet (Okura Act City Hotel, 4F Room HEIAN)		
	08:00-16:00			Registration (1F Entrance Lobby)		
	08:30-10:30	S15-02	S04-03	S24-01	S17-02	F02-02
	10:30-11:00			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
	11:00-13:00	S15-03	S04-04	S26-01	S13-01	S19-01
	13:00-14:10			Lunch (3F Room Number 31 & 4F Room Number 41)		
July, 29 (Fri)	14:10-15:10			Plenary Session (JSME, 4F Room Number 41)		
	15:10-15:40			Coffee Break (3F Lobby, 4F Lobby & 5F Lobby)		
	15:40-17:40	S15-04		S26-02 (15:40-16:40)	S13-02	S19-02
	17:50-18:10			Closing Ceremony (4F Room Number 41)		

Presentation
Preparation Room

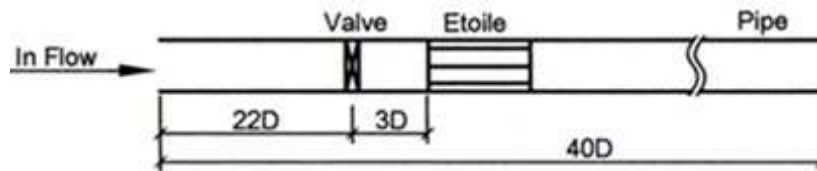
三、開會心得

本研討會 Oral Presentations 之論文分為三大類: Symposium, Forum and Technical Flash。Symposium 又分為 S01 至 S26 等 26 個小主題，Forum 又分為 F01 至 F06 等 6 個小主題，Technical Flash 又分為 T01 至 T04 等 4 個小主題，相關論文共約 4169 篇，另有 Poster Presentations 論文 40 篇。

此次研討會之第二天（七月二十五日）上午開幕典禮及大會演講，分別由工業界、學術界及政府代表演說，下午開始進行分組技術研討；第三天：ASME 大會演講及分組技術研討；第四天：KSME 大會演講及分組技術研討；第五天：JSME 大會演講及分組技術研討。四天研討會之部分論文摘要如下：

論文 AJK2011 - 31001，阿爾及利亞 Khemis Miliana 大學，Boualem LARIBI 簡報「LENGTH EFFICIENCY OF THE ETOILE FLOW STRAIGHTENER - NUMERICAL EXPERIMENTATION」，本研究介紹裝置 ISO 5167 推薦的 Etoile 流體整流器之流場發展和建立的數值分析研究結果 (ISO 5167. Measurement of fluid flow by means of orifice plates, nozzles and venture plates inserted in circular cross-section conduits running full, 2003)。本研究的目的是要探討 ISO 5167 Etoile 流體整流器的長度（標準長度為：兩倍管徑）對流場之發展和建立的影響。

量測天然氣和石油的流量時，為確保測量精度，ISO 5167 和 AGA3 標準規定，流量計安裝遠離一切干擾至少需 100D 的長度，其中 D 為管道內徑；或使用流體整流器（flow straightener）以減少這個距離。流體整流器是用來消除漩渦（swirl），並產生一個重新分配的、可以接受的速度分佈形式。本研究是要以數值模擬探討五種 ISO 5167 Etoile 流體整流器的長度（2D，1D，D/2，D/8 和 D/16）對流場之發展和建立的影響，分析的結果與標準 ISO 5167 上之相關數據做比較。



模擬分析條件：空氣在直徑 100mm，長度為 40D 的直管內流動，其 Reynolds number 為 2.5×10^5 ，空氣從入口導入，長度為 22D 處有一個閥門，並在 25D 處裝上 Etoile 流體整流器，擾動（disturbance）是來自一個保持 50% 開度的閥門，探討的流場參數為流速分佈（velocity profile）、擾動強度分佈（turbulence intensity profile）、流體旋轉（the gyration of the fluid）。

CFD 模擬分析軟體：FLUENT v6.3., 2006, Fluent Incorporated.

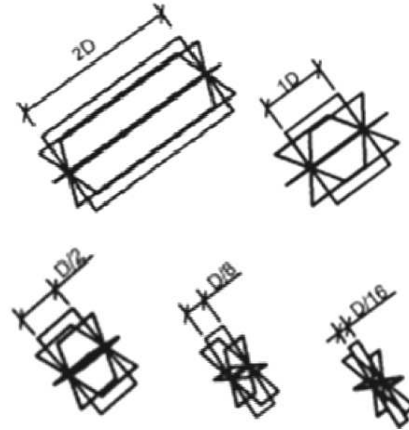
CFD模擬分析軟體中使用之擾流模型 (the turbulence model)：

擾流模型：k- ϵ 模型 (The k- ϵ Model： This model assumes that the turbulence regime is fully developed through all the section of the pipe and the effects of molecular viscosity are negligible compared to the turbulent viscosity (far wall). It is based on the Boussinesq assumption. It is a semi empirical model. Two transport equations are used one for the turbulent kinetic energy k and the other for its dissipation rate ϵ .)

Etoile流體整流器：

本研究使用之整流器如右圖，標準的ISO 5167Etoile流體整流器長度是2D，其他研究用替代品為1D, D/2, D/8以及D/ 16，共5個整流器。Etoile流體整流器是由厚度0.01D之平板排列如右圖而構成。

分析之位置為： Etoile流體整流器上游0.5D，下游0.5D，1.5D、2.5D、4.5D及5.5D的六個位置。



流速分佈 (velocity profile) 分析結果：

圖3至8顯示了流體整流器上游0.5D，下游0.5D，1.5D、2.5D、4.5D及5.5D的六個位置分析之流速分佈的發展。圖3，在流體整流器上游0.5D位置 ($Z/D = -0.5$)，50%開度的閥門造成流場嚴重變形，流場流速分佈被扭曲，流場現出顯著不對稱。圖7， $Z/D = 4.5$ ，流速分佈數值模擬分析結果與 Laws and al 得到的實驗結果相吻合 [Ouazzane AEK and Laws EM, 1997. ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting, FEDSM' 97, June 22. 以及 Laws EM and Ouazzane AEK, 1995. Flow Meas. Instrum., Vol. 6, No. 3, pp. 187-199.]

圖8， $Z/D = 5.5$ ，流速分佈數值模擬分析結果與 ISO 5167文件相同。

擾動強度分佈 (turbulence intensity profile) 分析結果：

圖9至14顯示了流體整流器上游0.5D，下游0.5D，1.5D、2.5D、4.5D及5.5D的六個位置分析之徑向擾動強度分佈的發展。圖9，在流體整流器上游0.5D位置 ($Z/D = -0.5$)，相對於完全發展之擾流，50%開度的閥門造成流場嚴重變形，流場現出高水平的擾動，及顯著不對稱。在 $1 > Y/R > 0.4$ 區間，圖上顯示30至35%的擾動強度高峰值，此擾動強度高峰值往流體下游而逐次遞減至12% (圖14， $Z/D = 5.5$)。

圖14，在 $Z/D = 5.5$ 的位置，長度2D的Etoile整流器降低流場擾動強度效果最顯著，其擾動強度逐漸趨近完全發展的擾流流場之擾動強度分佈值(約3%)。在此顯示：相較於其他長度之的Etoile整流器，長度2D的Etoile整流器

最能降低流場擾動強度，使流場之擾動強度快速達到完全發展的擾流流場之擾動強度分佈值（約 3%）。

旋流發展（Swirl Flow Development）分析結果：

圖15至20顯示了流體整流器上游0.5D，下游0.5D，1.5D、2.5D、4.5D及5.5D的六個位置分析之漩渦角（swirl angle）。在圖15，在流體整流器上游0.5D位置（ $Z/D = -0.5$ ），圖上顯示在徑向位置 $0.5 > Y/R > 0.1$ 區間，漩渦角由 -40° 變化至 $+40^\circ$ （ISO標準上漩渦角極限大約是 2° ）。

這顯示50%關閉閥門出口側的流體的強大迴流，這也說明，50%關閉閥門導致的流動條件遠離良好的流量計計量標準條件，很顯然，需要很長的下游管段，流動的扭曲才會達到完全發展的擾流流場條件，任何流量計在扭曲的流場情況下運作將產生測量誤差。

圖16至20顯示五個流體整流器有效的將漩渦角度從 $\pm 40^\circ$ 降低到下游的 $\pm 2^\circ$ ，這些流體整流器有效消除流體切向速度，尤其是抑制了流體之漩渦，使流場可以達到ISO標準上漩渦角 2° 的要求。

結論

本研究的目的是要探討ISO 5167 Etoile流體整流器的長度（標準長度為：兩倍管徑）對流場之發展和建立的影響，以數值模擬探討五種ISO 5167 Etoile流體整流器的長度（2D，1D， $D/2$ ， $D/8$ 和 $D/16$ ）對流場之發展和建立的影響，數值模擬分析結果顯示Etoile流體整流器（長度為兩倍管徑）消除不對稱的速度分佈和衰減流體之擾動水平，創造一個良好的流量計計量條件。

50%關閉閥門產生非常高之擾動水平和漩渦，使流場遠離良好的流量計計量條件。

本研究也證實商用數值模擬分析軟體 Fluent能模擬分析流體整流器之流場，對三維擾流流場物理現象有良好的預估能力。

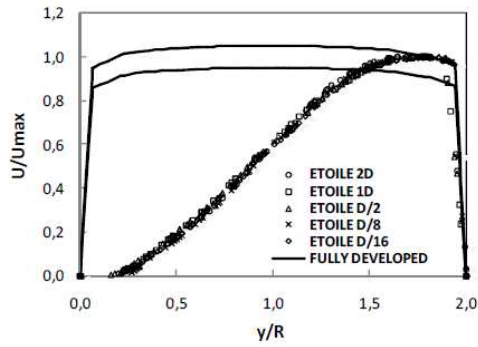


FIGURE 3. VELOCITY PROFILE AT $Z/D=-0.5$

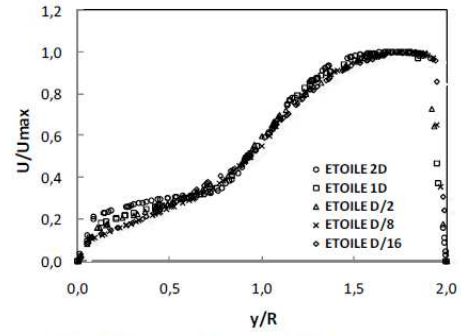


FIGURE 4. VELOCITY PROFILE AT $Z/D=0.5$

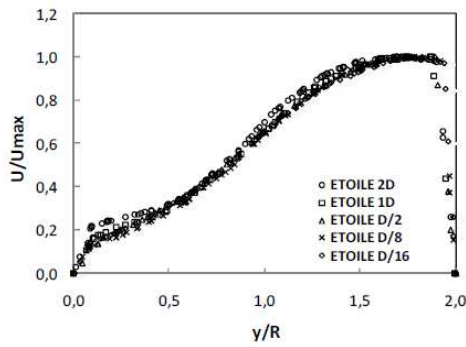


FIGURE 5. VELOCITY PROFILE AT $Z/D=1.5$

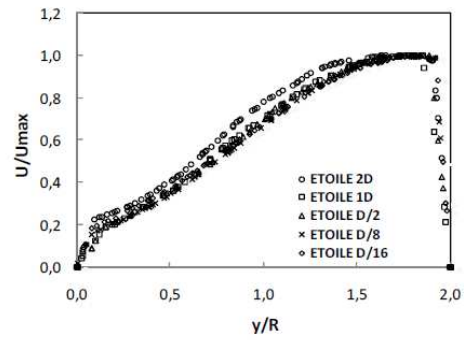


FIGURE 6. VELOCITY PROFILE AT $Z/D=2.5$

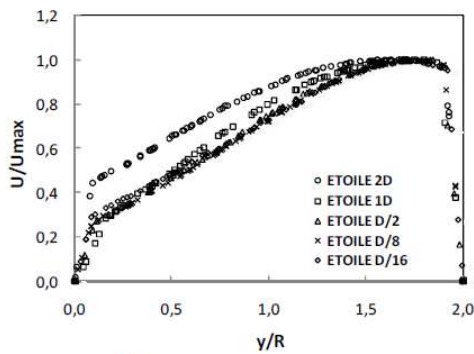


FIGURE 7. VELOCITY PROFILE AT $Z/D=4.5$

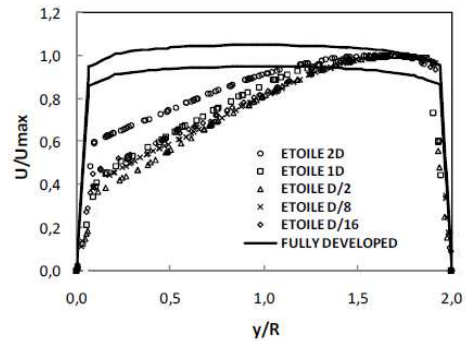


FIGURE 8. VELOCITY PROFILE AT $Z/D=5.5$

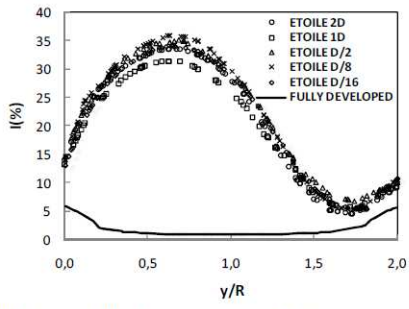


FIGURE 9. TURBULENCE INTENSITY PROFILE AT $Z/D=-0.5$

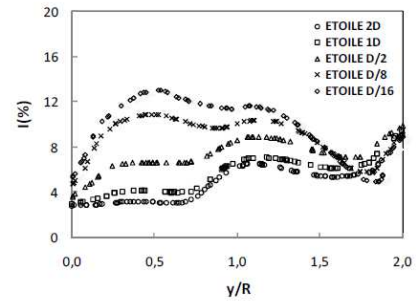


FIGURE 10. TURBULENCE INTENSITY PROFILE AT $Z/D=0.5$

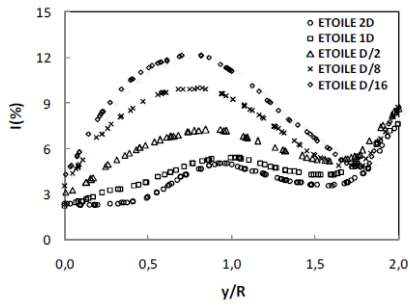


FIGURE 11. TURBULENCE INTENSITY PROFILE AT $Z/D=1.5$

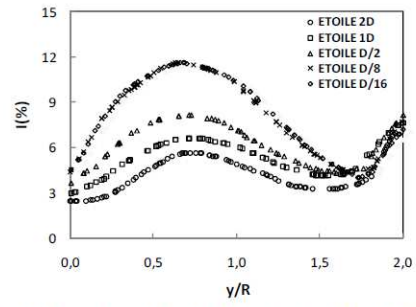


FIGURE 12. TURBULENCE INTENSITY PROFILE AT $Z/D=2.5$

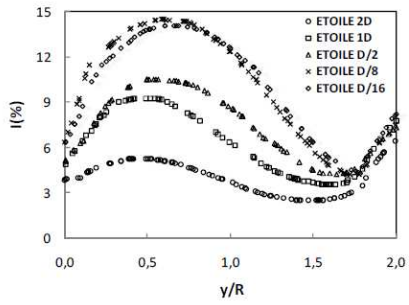


FIGURE 13. TURBULENCE INTENSITY PROFILE AT $Z/D=4.5$

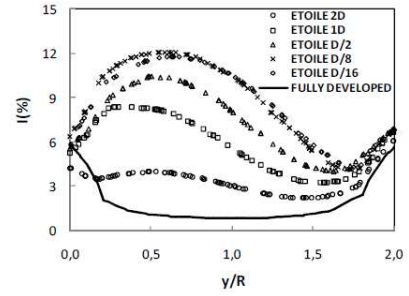


FIGURE 14. TURBULENCE INTENSITY PROFILE AT $Z/D=5.5$

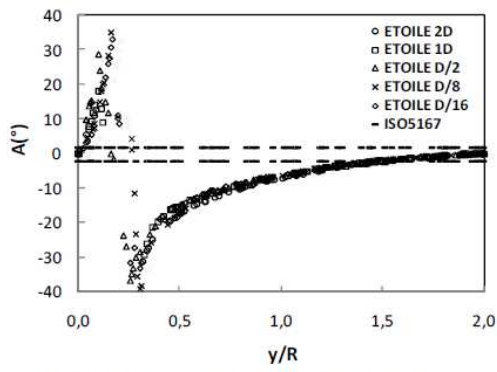


FIGURE 15. SWIRL DEVIATION AT $Z/D=-0.5$

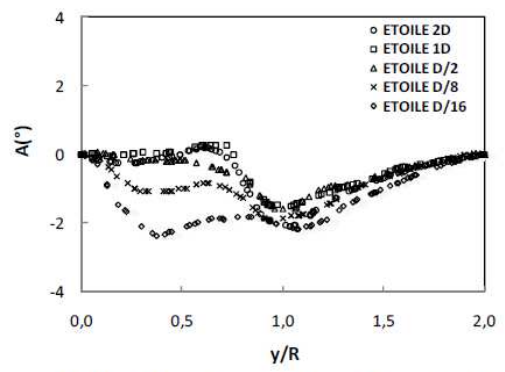


FIGURE 16. SWIRL DEVIATION AT $Z/D=0.5$

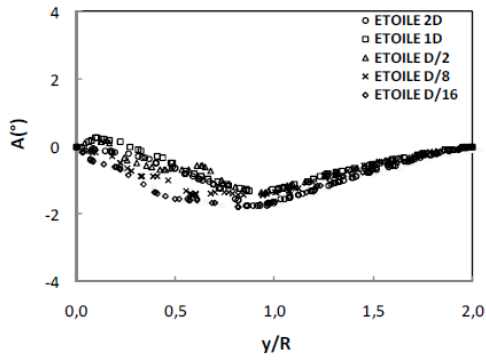


FIGURE 17. SWIRL DEVIATION AT $Z/D=1.5$

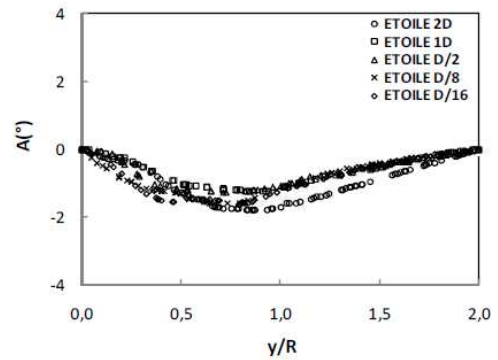


FIGURE 18. SWIRL DEVIATION AT $Z/D=2.5$

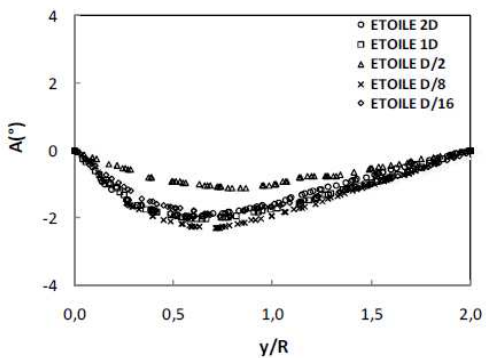


FIGURE 19. SWIRL DEVIATION AT $Z/D=4.5$

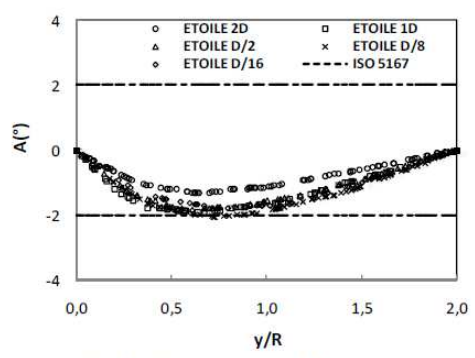


FIGURE 20. SWIRL DEVIATION AT $Z/D=5.5$

論文AJK2011 - 31002，阿爾及利亞Khemis Miliana大學，Boualem LARIBI簡報「NUMERICAL INVESTIGATION OF NEW DESIGN OF THE ETOILE FLOW STRAIGHTENER」，本研究探討ISO 5167標準Etoile流體整流器及新設計去除中央部分之Etoile流體整流器（如下圖）之流場發展和建立的數值分析研究結果（註：據許多研究者認為Etoile流體整流器中央部分會導致流場產生擾動）。

本研究之模擬分析條件、CFD模擬分析軟體、分析軟體中使用之擾流模型等均同於論文AJK2011 - 31001。文中探討在100%、50%、30

%開度的閥門情況下，Etoile流體整流器上游0.5D，下游0.5D、1.5D、2.5D、4.5D及5.5D六個位置之流場流速分佈（velocity profile）、擾動強度分佈（turbulence intensity profile）及流體旋轉（the gyration of the fluid）。

得到的結果顯示：Etoile流體整流器上游0.5D之位置，閥門30%開度時比50%開度時，流場有較強之擾動強度以及流速分佈具有較明顯之迴流區（參考圖9及15；圖11及17）；在整流器下游0.5D之位置，ISO 5167標準Etoile流體整流器下游中心位置流場產生擾動及流速分佈變形，新設計之Etoile流體整流器則無此現象，本研究分析結果：在30%閥門開度時，新設計之Etoile流體整流器有較佳之整流效果，在50%開度時，兩種整流器性能相同（參考圖9-20）。

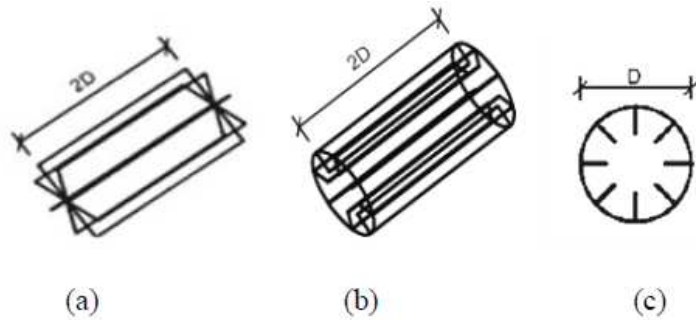


FIGURE 2. ETOILE AND ITS ALVERNATIVE

Flow Parameters Development With Valve 100% Open

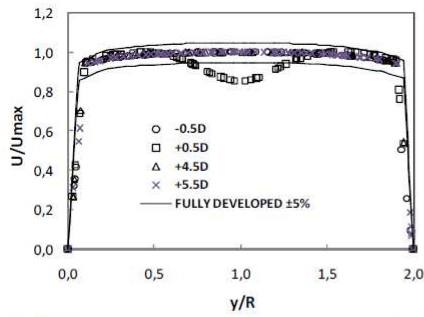


FIGURE 3. VELOCITY DEVELOPMENT ETOILE ISO

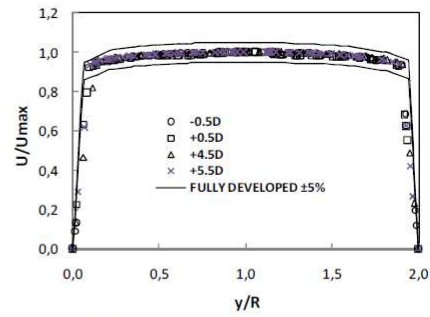


FIGURE 4. VELOCITY DEVELOPMENT ETOILE MODIFIED

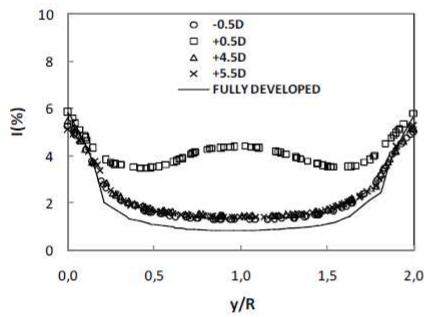


FIGURE 5. INTENSITY DEVELOPMENT ETOILE ISO

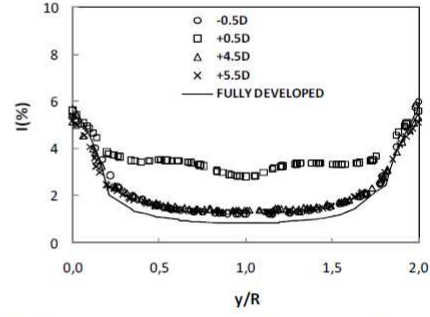


FIGURE 6. INTENSITY DEVELOPMENT ETOILE MODIFIED

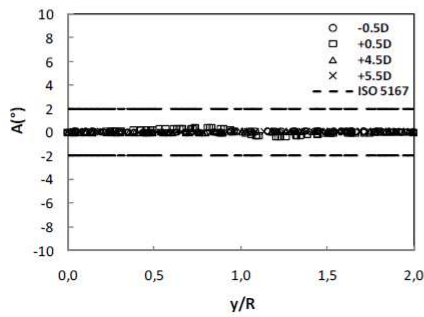


FIGURE 7. SWIRL VALUES ETOILE ISO

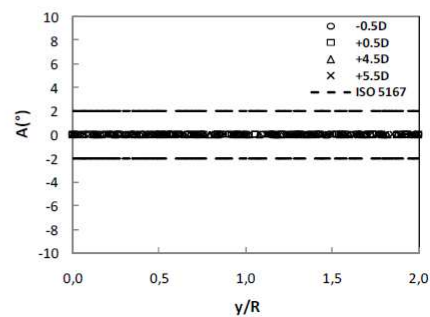


FIGURE 8. SWIRL VALUES ETOILE MODIFIED

Flow Parameters Development With Valve 50% Open

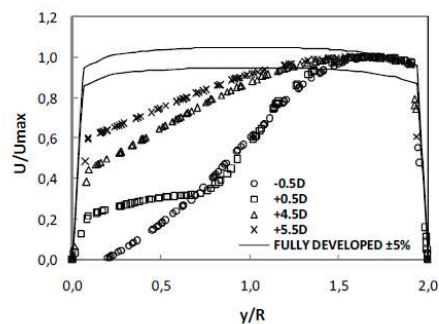


FIGURE 9. VELOCITY DEVELOPMENT ETOILE ISO

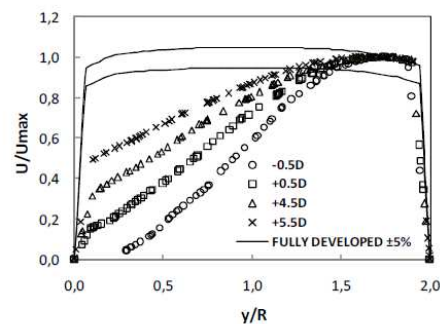


FIGURE 10. VELOCITY DEVELOPMENT ETOILE MODIFIED

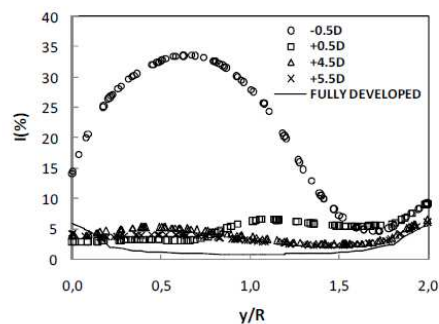


FIGURE 11. INTENSITY DEVELOPMENT ETOILE ISO

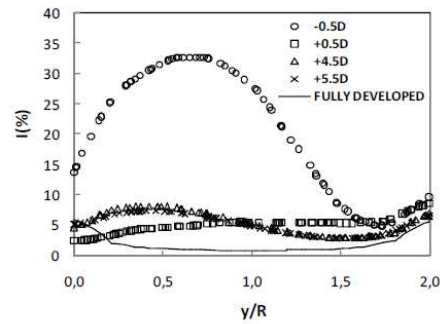


FIGURE 12. INTENSITY DEVELOPMENT ETOILE MODIFIED

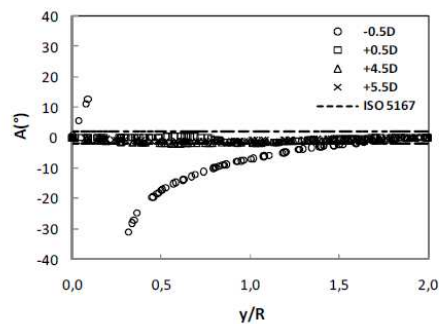


FIGURE 13. SWIRL VALUES ETOILE ISO

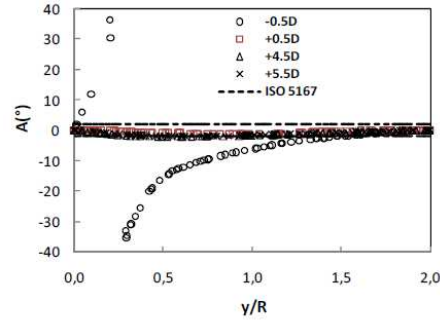


FIGURE 14. SWIRL VALUES ETOILE MODIFIED

Flow Parameters Development With Valve 30% Open

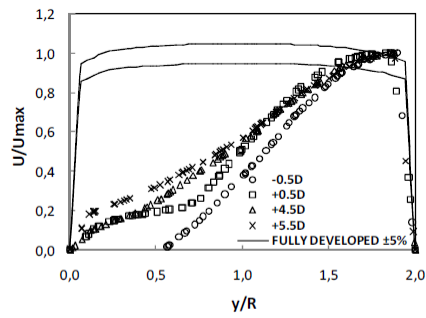


FIGURE 15. VELOCITY DEVELOPMENT ETOILE ISO

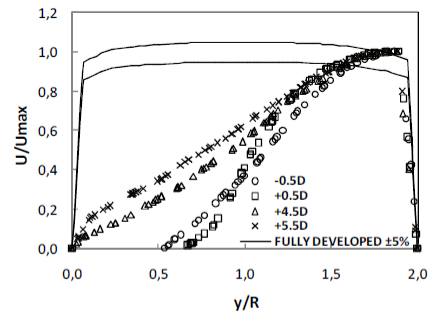


FIGURE 16. VELOCITY DEVELOPMENT ETOILE MODIFIED

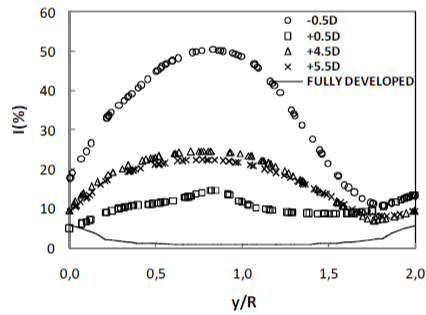


FIGURE 17. INTENSITY DEVELOPMENT ETOILE ISO

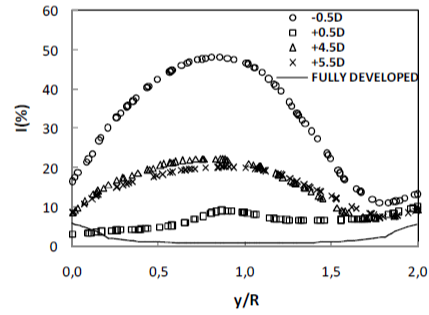


FIGURE 18. INTENSITY DEVELOPMENT ETOILE MODIFIED

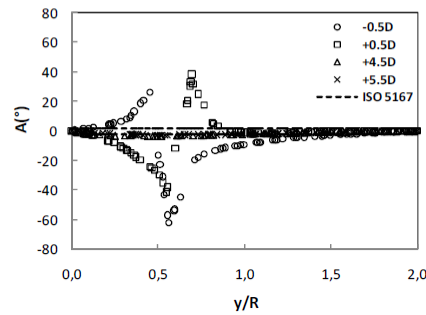


FIGURE 19. SWIRL VALUES ETOILE ISO

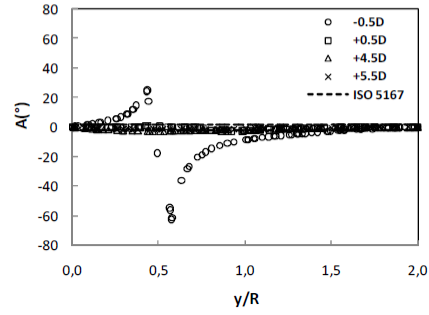


FIGURE 20. SWIRL VALUES ETOILE MODIFIED

論文AJK2011 - 31009， Boualem LARIBI簡報「EFFECT OF TEE AND VALVE ON THE FLOW MEASUREMENT ACCURACY FOR TURBULENT PIPE FLOW WITH FLOW CONDITIONER」，本研究探討T型管及50％開度閥門對流場之影響，以及受上述元件擾動後之流場經過ISO 5167標準Etoile流體整流器整流後流場特性之變化。

本研究模擬分析空氣在直徑100mm的直管內流動，其Reynolds number 介於 10^4 及 10^6 之間、本文使用之CFD模擬分析軟體、分析軟體中使用之擾流模型等均同於論文AJK2011－31001。文中探討在不同Reynolds number情況下，Etoile流體整流器上游4.5D（T型管及50％開度閥門出口處），下游0.5D，10D及25D四個位置之流場流速分佈(velocity profile)、擾動強度分佈(turbulence intensity profile)及流體旋轉（the gyration of the fluid）。結果顯示，在流場漩渦角方面：對於50％開度閥門之干擾，整流器下游25D長度，流場漩渦角（swirl angle）幾乎降低到零值；但在流場流速分佈方面，T型管干擾則需要比25D更多的長度才能到達標準所要求的流速分佈。（參考圖4至圖21）

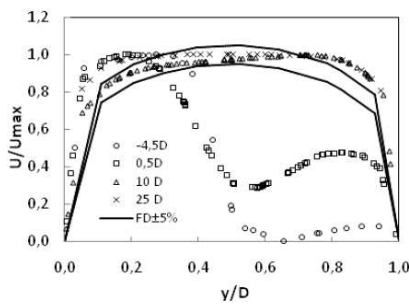


FIGURE 4. VELOCITY PROFILES FOR VALVE AT $Re=10^4$

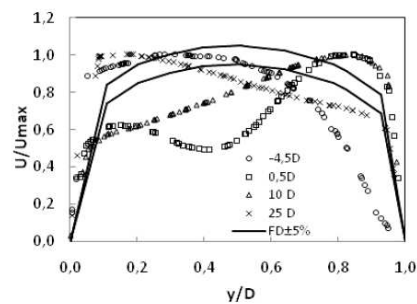


FIGURE 7. VELOCITY PROFILES FOR TEE AT $Re=10^4$

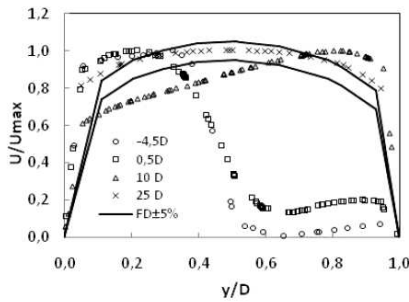


FIGURE 5. VELOCITY PROFILES FOR VALVE AT $Re=5.10^5$

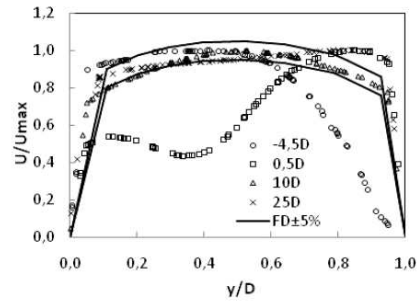


FIGURE 8. VELOCITY PROFILES FOR TEE AT $Re=5.10^5$

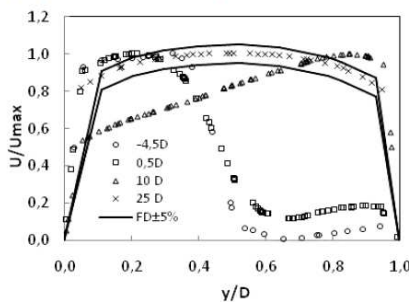


FIGURE 6. VELOCITY PROFILES FOR VALVE AT $Re=10^6$

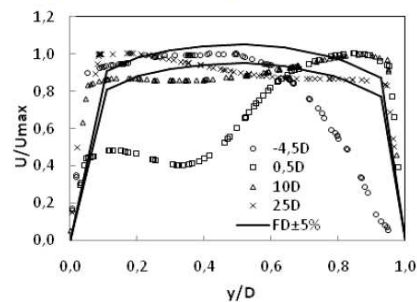


FIGURE 9. VELOCITY PROFILES FOR TEE AT $Re=10^6$

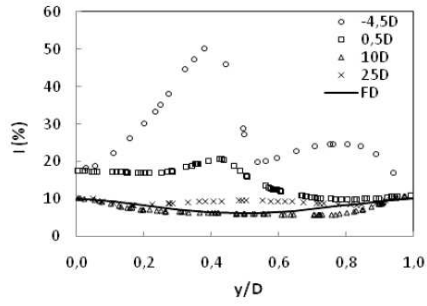


FIGURE 10. TURBULENCE INTENSITY FOR VALVE AT $RE=10^4$

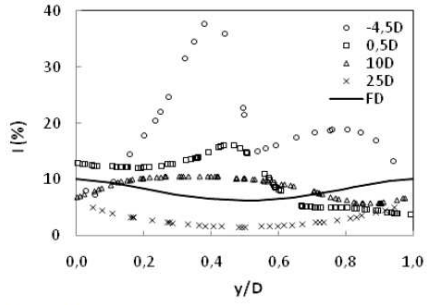


FIGURE 11. TURBULENCE INTENSITY FOR VALVE AT $RE=5.10^3$

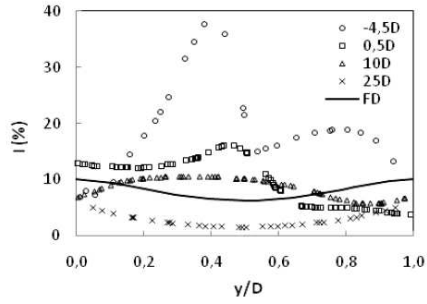


FIGURE 12. TURBULENCE INTENSITY FOR VALVE AT $RE=10^6$

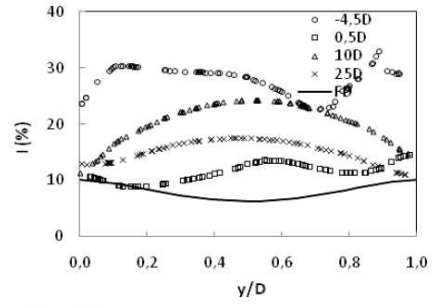


FIGURE 13. TURBULENCE INTENSITY FOR TEE AT $RE=10^4$

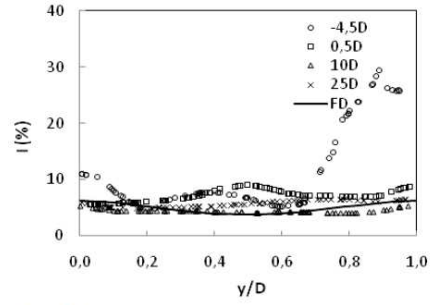


FIGURE 14. TURBULENCE INTENSITY FOR TEE AT $RE=5.10^3$

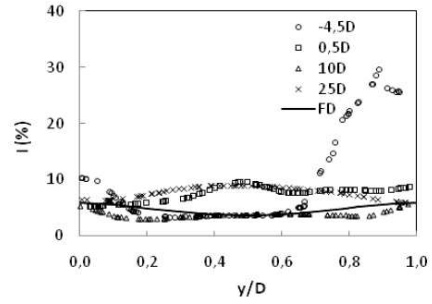


FIGURE 15. TURBULENCE INTENSITY FOR TEE AT $RE=10^6$

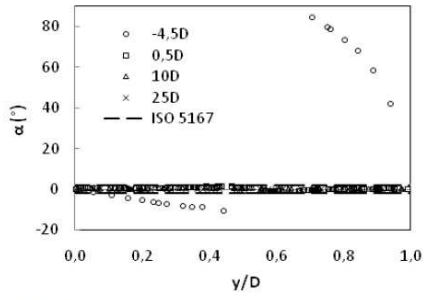


FIGURE 16. SWIRL ANGLE VALUES FOR VALVE AT $Re=10^4$

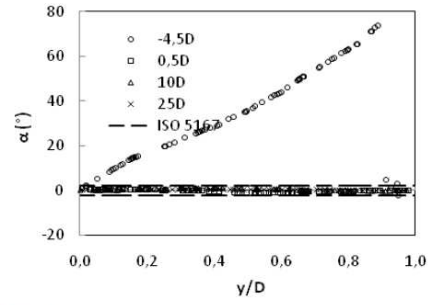


FIGURE 19. SWIRL ANGLE VALUES FOR TEE AT $Re=10^4$

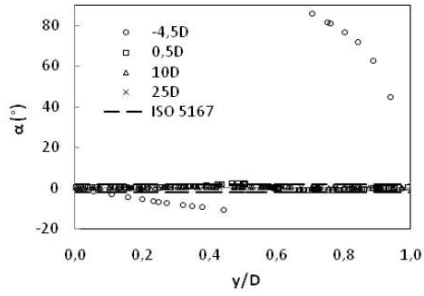


FIGURE 17. SWIRL ANGLE VALUES FOR VALVE AT $Re=5.10^5$

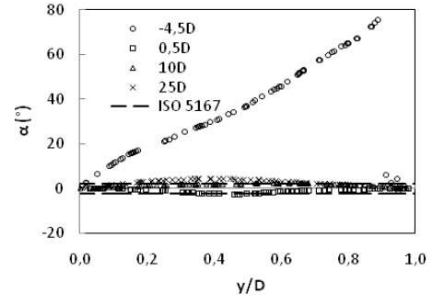


FIGURE 20. SWIRL ANGLE VALUES FOR TEE AT $Re=5.10^5$

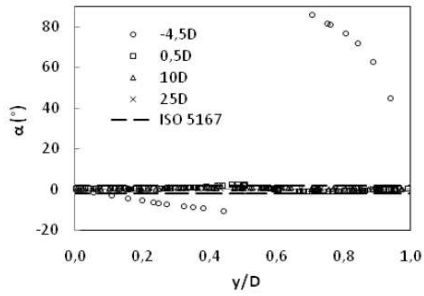


FIGURE 18. SWIRL ANGLE VALUES FOR VALVE AT $Re=10^6$

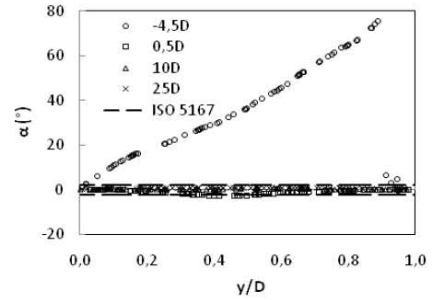


FIGURE 21. SWIRL ANGLE VALUES FOR TEE AT $Re=10^6$

論文AJK2011-31005，日本Kobe University（神戶大學），Shigeo Hosokawa（細川鎮雄）介紹「SPATIAL FILTER VELOCIMETRY BASED ON TIME-SERIES PARTICLE IMAGES」之研究成果。

本研究提出一個空間濾光測速計（spatial filter velocimetry, SFV），其原理如圖1。

image acquisition process：

空間濾光測速計（SFV）以像機擷取雷射光板（laser light sheet）上流體中的示踪粒子（tracer particles）的時間序列影像。

spatial filtering process：

在量測區域，將影像上每一個示踪粒子的光強度分佈（Intensity distribution, $I(x, y, t)$ ）乘以空間濾光函數（spatial filter function, $F_{SF}(x, y, t)$ ），積分而求得粒子的光強度（integral intensity, $I_{SF}(t)$ ）。

frequency/velocity evaluation process：

粒子在x方向的移動速度 V_X ，空間濾光函數在x方向的波長 L_X ，粒子光強度 I_{SF} 的頻率 $f = V_X / L_X$ 。因此可以測量 I_{SF} 的頻率 f 而求得粒子的速度 V_X 。

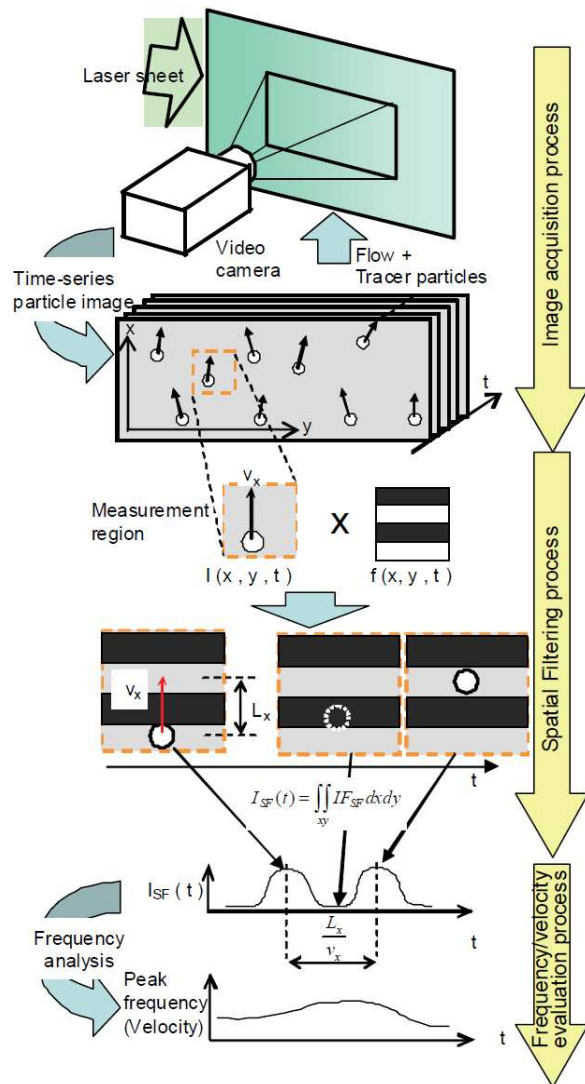


FIGURE 1 PRINCIPLE OF SPATIAL FILTER

實驗設備

本研究使用的實驗儀器如圖4，使用之流體為水，水溫保持在 298 ± 1 K，加入碳化矽顆粒（平均直徑：3微米）作為示踪粒子。試驗段的截面（ $W_y \times W_z$ ）和長度分別為 5×50 毫米和1000毫米，分別水顯示可行性研究。一個氬離子雷射光源通過柱面透鏡在量測平面型成厚度為 0.1毫米的雷射光板。一個高速攝影機（Photron Ltd., FASTCAM SA 1.1）是用來記錄在測量區域時間序列粒子圖

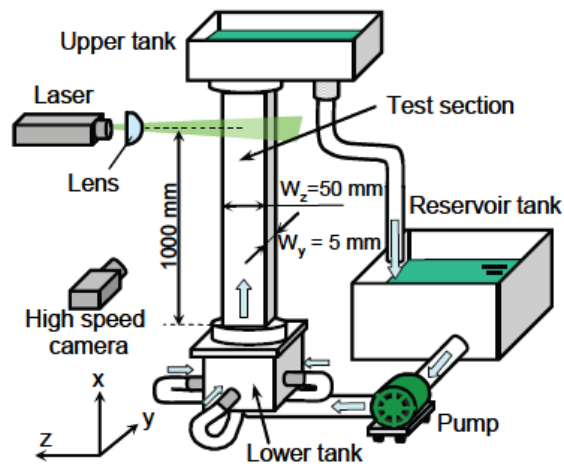


FIGURE 4 EXPERIMENTAL APPARATUS

像。圖像的空間解析度為 8.2微米/像素。同樣的測量區域也使用LDV系統（DANTEC, optics: 60X, signal processor: 58N10）測得參考速度數據。

層流及擾流流場速度量測結果

層流流場平均流速 $\langle U \rangle$ 為0.098米/秒，雷諾數 Re 為1000。SFV及LDV測得之速度分佈如圖5。

圖5顯示：由SFV測得的軸向速度 U 與LDV測量結果一致，並呈現拋物線狀之速度分佈。由SFV和LDV測量得到支 y 向速度分量 V 幾乎為零。速度誤差線（error bars）顯示測量標準偏差，SFV量測標準偏差幾乎與LDV相同，均低於流的5%。這一結果說明：

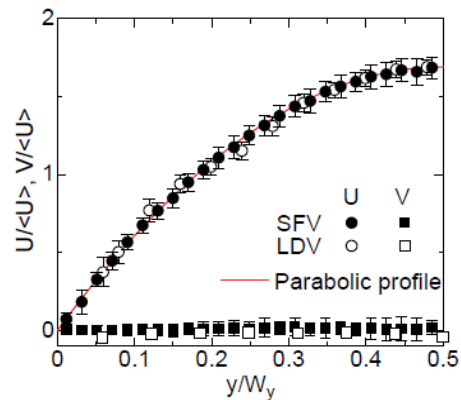


FIGURE 5 VELOCITY DISTRIBUTIONS IN LAMINAR FLOW

SFV可以如LDV一般精確地量測流體的兩個速度分量。

擾流流場平均流速 $\langle U \rangle$ 為1.28米/秒，雷諾數 Re 為13000。SFV及LDV測得之速度分佈如圖10。

圖10顯示：由SFV測得的軸向速度 U 與LDV測量結果一致。由SFV和LDV測量得到支 y 向速度分量 V 幾乎為零。速度分佈顯示SFV量測結果幾乎與LDV相同。

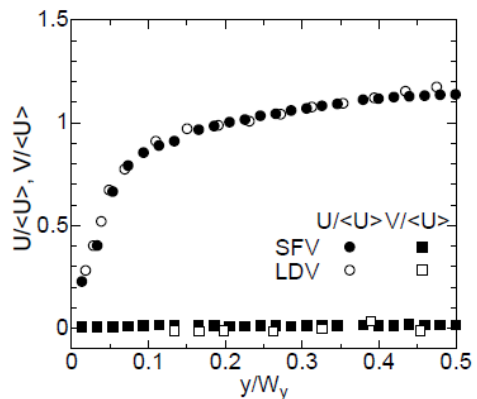


FIGURE 10 MEAN VELOCITY DISTRIBUTIONS

論文AJK2011-31011，日本Nagoya University(名古屋大學)，Kazuhiro ONISHI (大西一弘) 介紹「THE DEVELOPMENT OF EXTREMELY-COMPACT STATIC PRESSURE PROBE FOR THE SIMULTANEOUS MEASUREMENT OF PRESSURE AND VELOCITY IN THE TURBULENT FLOWS」之研究成果。

為了提高擾流流場同步測量靜壓和速度的組合傳感器 (combined probe) 的解析度和量測精確度，本研究開發一個新的靜壓傳感器 (static pressure probe)。

緊湊型靜壓傳感器：右圖顯示了靜壓傳感器的構造。表 1 列出以前靜壓傳感器規格 (以下簡稱 $\phi 0.5$ 靜壓傳感器) 和新的靜態壓力傳感器規格 (以下簡稱 $\phi 0.3$ 靜壓傳感器)。 $\phi 0.3$ 靜壓傳感器靜壓管外徑為 0.3 毫米，內直徑為 0.2 毫米，靜壓管壁有 8 個直徑為 0.1 毫米的靜壓孔，每一項都分別小於 $\phi 0.5$ 靜壓傳感器相應的值。離管尖 0.65 毫米及 1.15 毫米處，靜壓孔交替排列，靜壓管尖形狀類似於皮托管的半球形，直徑為 2.54 毫米的 MEMS 麥克風

(COUNTRYMAN: B6W4, sensitivity: 16 mV/Pa) 嵌入靜壓管中，作為壓力傳感器，如右圖。

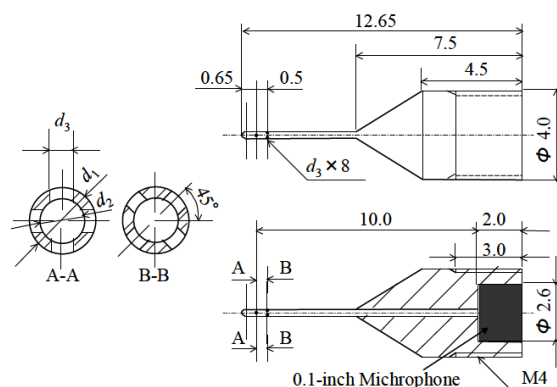
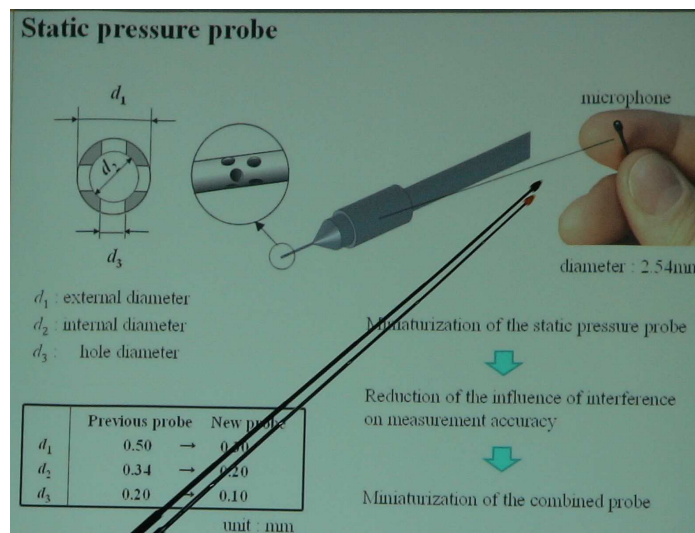


FIGURE 1. SCHEMATIC VIEW OF THE STATIC PRESSURE PROBE (unit: mm)

TABLE 1. SPECIFICATIONS OF THE PRESSURE PROBE

	d_1	d_2	d_3
Previous pressure probe	0.50	0.34	0.20
New pressure probe	0.30	0.20	0.10



靜壓傳感器偏向角（Yaw Angle）的特性：傳感器和流動方向之間的偏向角 α 將會影響壓力傳感器的測量結果，圖 2 顯示靜壓傳感器偏向角的特性測試結果，縱坐標為靜態壓力差 $(P - P_0)$ 與動態壓力的比值，橫坐標為傳感器偏向角， P 是測量之靜壓， P_0 為 $\alpha = 0^\circ$ 時之測量靜壓， U_0 是流體在噴嘴出口的平均速度。從圖 2，發現當 α 小於 15° 時， $\phi 0.3$ 靜態壓力傳感器測得之靜態壓力與動態壓力比值的偏差率小於 5%，優於 $\phi 0.5$ 靜壓傳感器。

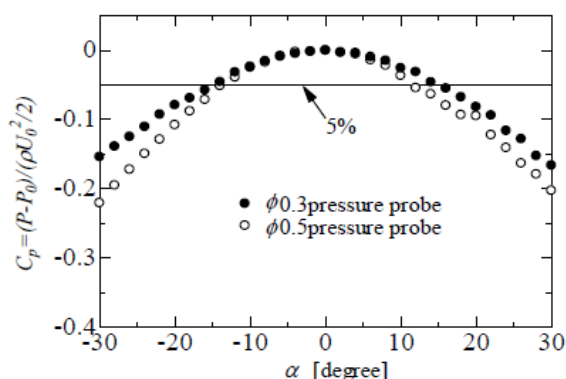


FIGURE 2. YAW ANGLE CHARACTERISTICS OF THE STATIC PRESSURE PROBE

實驗裝置和條件：圖3顯示了實驗儀器和噴流的二維坐標系統。從噴嘴出口1毫米處安裝分離器（skimmer），因此只在噴嘴出口流速均勻區域量取數據。噴流的出口高度 d 為 12毫米，展弦比（aspect ratio）為19.7，雷諾數 $Re (= U_0 d / \nu)$ ， U_0 為分離器出口之速度）為21000。關於坐標系，軸向（流向）坐標是 X_1 ，垂直（cross-streamwise）坐標 X_2 ，展向坐標 X_3 。數據採樣頻率為 10千赫，而採樣數據數為262,144筆，測得的數據保存在計算機硬碟。

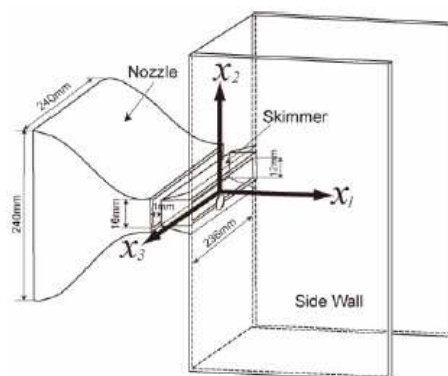


FIGURE 3. SCHEMATIC VIEW OF THE APPARATUS AND COORDINATE SYSTEM

圖 6顯示了同步測量速度和靜壓的熱絲（hot-wire）傳感器（直徑 5.0微米，長度：1.0毫米）和靜壓傳感器組合而成的複合傳感器（Combined Probe）的空間安排， l_1 為靜壓管側壁和熱絲縱向的間距， l_2 是兩個熱線端點和靜壓管尖之間在流向的間距。因為同步測量靜壓和速度時，一個傳感器可能會影響另一個傳感器的準確度，因此靜壓傳感器和熱絲傳感器的空間安排很重要。

本文通過 l_1 和 l_2 幾個組合之複合傳感器測量結果，與靜壓或熱絲傳感器單獨測量結果之比較，獲得的 l_1 和 l_2 的最佳組合（複合傳感器測量結果與每個單獨傳感器分別測量所得到的結果一致）。在使用 $\phi 0.3$ 靜壓傳感器的情況下，當 $l_1 = 0.3$ ， $l_2 = 2.0$ ，沒有觀察到傳感器間的干擾；而在使用 $\phi 0.5$ 靜壓傳感器的情況下，這些值分別為 $l_1 = 0.5$ ， $l_2 = 2.0$ 。因此，複合傳感器的空間解析度大約提高 40 %。

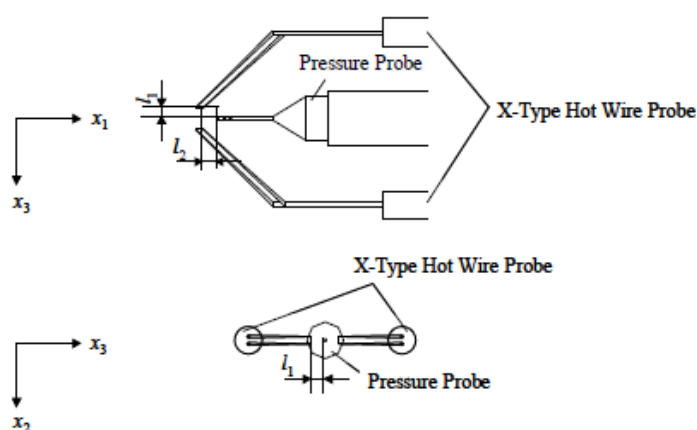
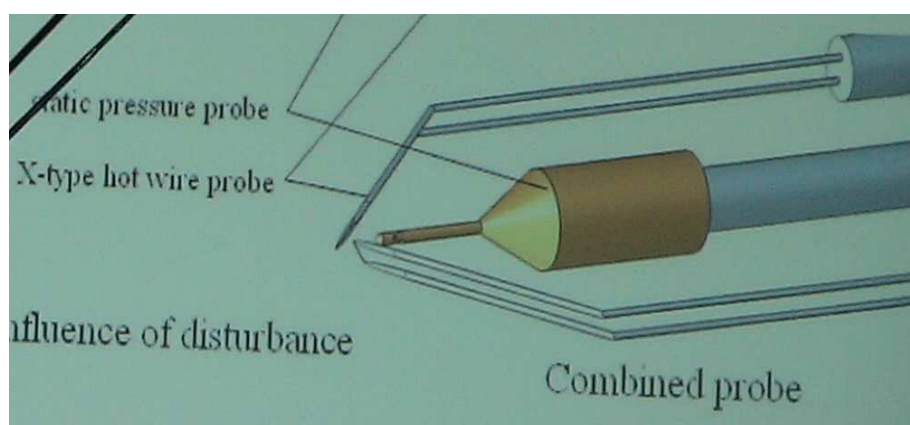


FIGURE 6. SPACIAL ARRANGEMENT OF THE HOT-WIRE PROBE AND THE STATIC PRESSURE PROBE



論文AJK2011-31011，日本Tokyo University of Science，Munamasa Katoh介紹「MEASUREMENT OF IONIZED PARTICLE DISTRIBUTION IN AXISYMMETRIC JET」之研究成果。本研究的目的是測量軸對稱噴流（jet）離子化微粒（ionized particles）的分佈。

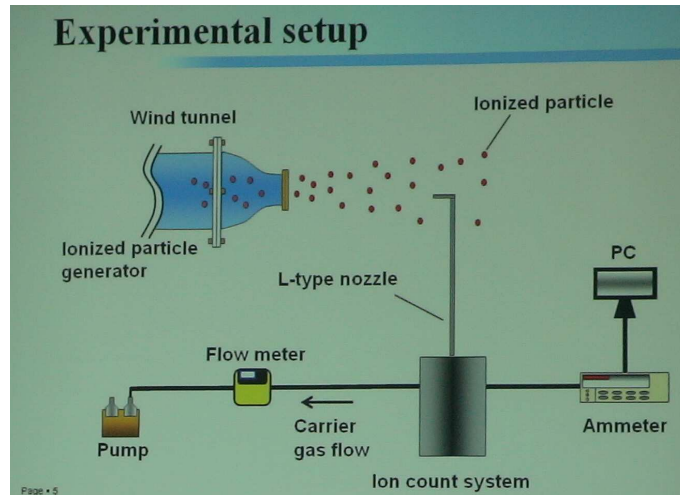
離子化微粒（ionized particles）為帶電荷的微粒。離子化微粒的應用，如細菌消毒和靜電 neutralizations 等，正吸引著許多產業界的關注。例如，靜電放電（ESD），電子零件被靜電充電，可能會導致在半導體製造過程中造成損壞，因此為了消除靜電放電，便使用空氣噴流將帶有電極相反的離子化微粒噴在帶有電荷的零件上。然而，離子化微粒的質量非常小，因此離子化微粒在流場的運動很容易受到外部力量的影響，流力（fluid force）、擾流（turbulence）、布朗運動（Brownian motion）和庫倫力（coulomb's force）等均會影響對軸對稱噴流離子化微粒的行為。

由於軸對稱射流的流場特性，它具有高質傳（mass transportation）優勢和擴散能力（diffusion capability）。本研究進行風洞實驗實驗中，以熱絲風速儀（hot wire anemometer）測量流速，以離子計數系統（ion count system）測量軸對稱噴流離子化微粒的分佈，以釐清軸對稱噴流和離子化微粒之間的關係。以離子計數系統（ion count system）測量軸對稱噴流離子化微粒的分佈，詳細並我們是在和離子數由系統，能夠測量空氣中的離子化微粒數密度測量。的離子化微粒的分佈是相似的，在軸對稱射流速度剖面。實驗結果表明，離子的行為進行了強烈的流體力量多由庫倫力的影響。這項研究的目的是測量軸對稱射流中的離子化微粒的分佈。，我們測量軸對稱噴射由一個離子化微粒數分佈的實驗。在本研究之實驗中

實驗裝置及方法

實驗裝置如圖，包括風洞設備、流量測量裝置和離子化微粒分佈測量系統。風洞具有一個圓形噴嘴，為開放噴流型式。圓形噴嘴半徑 R_0 為40mm，噴嘴中心最大流速 U_m 為10m/秒，雷諾數 2.6×10^4 。坐標系統： x ，軸向； r ，徑向； θ 為圓周方向；坐標原點位於噴嘴出口中心。

風洞實驗中，以X型熱絲傳感器（X-type hot wire probe）測量軸向 U_x 和徑向 U_r 速度分量。以離子計數系統（ion count system）測量軸對稱噴流離子化微粒的分佈，離子計數系統的分析區域為包含外管及內部中心圓桿所組成之同軸圓柱結構，空氣中離子化微粒通過收集噴嘴，被引入到分析區域中的離子計數系統裡面，離子化微粒聚集到內部中心圓桿，釋放其電荷，根據流量計測得之載氣流率 l （毫升/分）、安培表測得之電流 I （A），基本電荷 q 為 1.6×10^{-19} （C），即由方程式（1）及（2）可求得離子化微粒密度 n_p （離子數/毫升）。

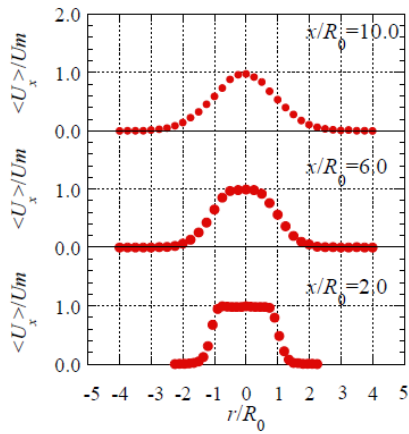


$$I = qn_p l \quad (1)$$

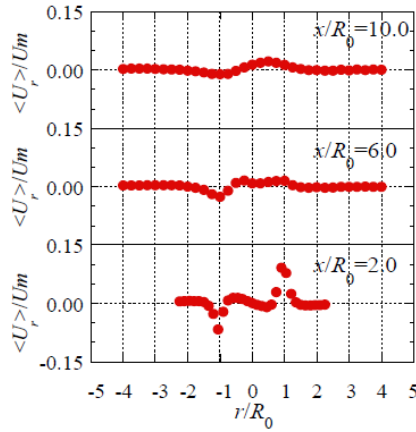
$$n = \frac{I \times 60}{1.6 \times 10^{-19} \times l} \quad (2)$$

結果與討論

圖2顯示在流向位置 $x/R_0 = 2.0$, 6.0 和 10.0 的軸向速度和徑向速度的平均分佈，每個速度和徑向位置均以 U_m 和 R_0 予以無因次化。軸向速度分佈對噴流中心有良好的對稱性。 $x/R_0 = 6.0$ 以後下游區，徑向速度稍微非對稱，這可能是由於在風洞室安裝之離子化微粒產生器支架尾流 (wake) 所致。徑向速度分佈顯示噴流高擴散的特點。圖3表示的軸向和徑向速度擾動強度 (turbulent intensity) 的擾動強度分佈顯示在軸對稱噴流捲起的旋渦 (rolled-up vortices) 造成的雙峰。離子化微粒的行為可能有效地受到噴流旋渦結構 (vortex structure) 的影響。

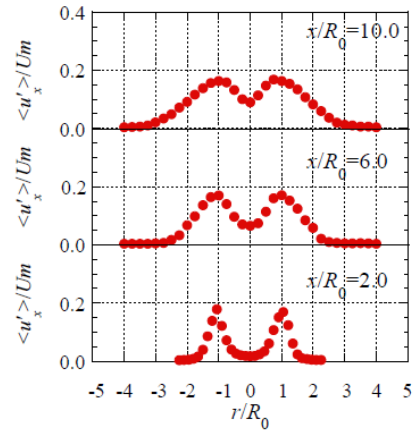


(a) axial velocity distribution

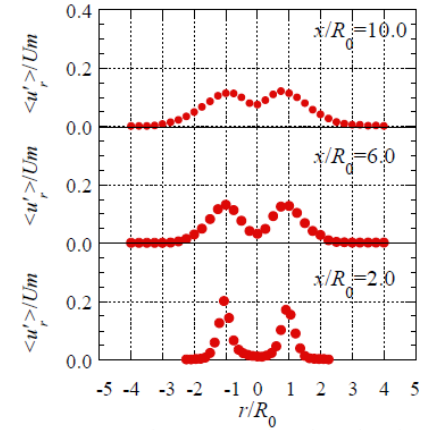


(b) radial velocity distribution

FIGURE 2. AXIAL AND RADIAL VELOCITY DISTRIBUTION IN THE AXISYMMETRIC JET



(a) axial turbulence intensity distribution



(b) radial turbulence intensity distribution

FIGURE 3. AXIAL AND RADIAL TURBULENCE INTENSITY IN THE AXISYMMETRIC JET

圖4顯示由離子化微粒計數系統測量之離子化微粒密度分佈。 n_p 為離子化微粒數， $n_{p,0}$ 噴嘴出口離子化微粒的平均值。離子化微粒的分佈與軸向速度分佈相似的。噴流中心下游離子化微粒的密度出現尖峰值。這是因為在下游區，流力可能會減少對離子化微粒行為的影響。

圖5顯示了離子化微粒x-r平面分佈，由計數系統獲得的結果顯示了與流速分佈類似的傾向。

圖6是噴流中心線離子化微粒濃度梯度，密度呈線性地往下游地區減少。如果庫侖力主導離子化微粒之間的作用，濃度梯度將依流向位置x的平方減少，這一結果說明，流力主導軸對稱噴流的離子化微粒之流動。

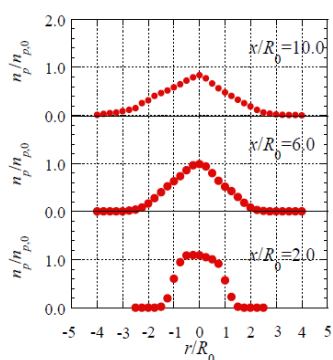


FIGURE 4. DENSITY DISTRIBUTION OF IONIZED PARTICLES INTRODUCED INTO THE AXISYMMETRIC JET

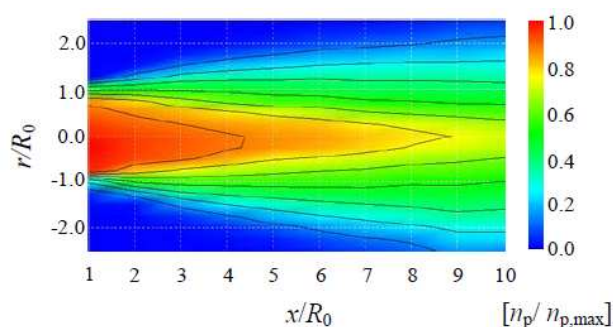


FIGURE 5. IONIZED PARTICLE DISTRIBUTION IN x-r PLANE

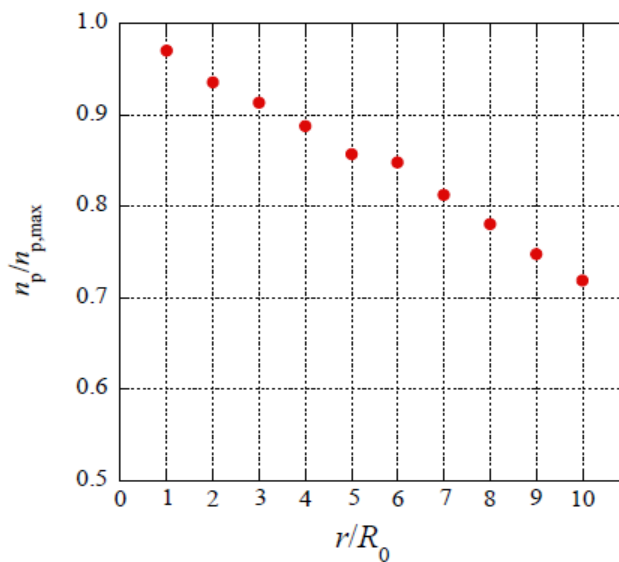
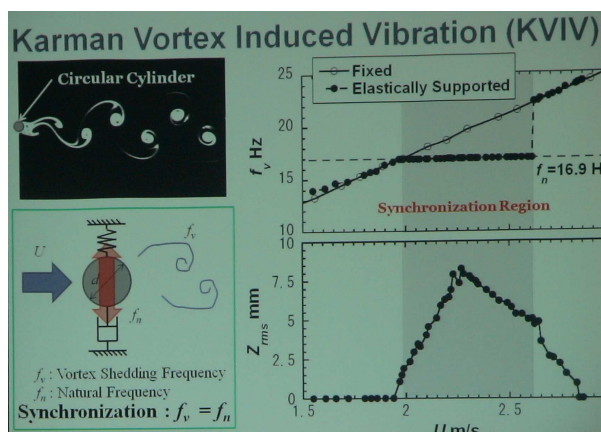


FIGURE 6. CONCENTRATION GRADIENT OF IONIZED PARTICLES ON THE JET CENTER LINE

論文AJK2011-17011，日本Nagaoka University of Technology，Ryota Iiyoshi 介紹「PERFORMANCE TEST OF ELECTRICITY GENERATION UTILIZING VORTEX INDUCED VIBRATION」之研究成果。流場中渦激振動（vortex induced vibration，VIV）是將自然流動的能量轉換成機械能的方法之一，本研究的目的是開發一種利用流場中尾渦激振動（trailing vortex induced vibration，TVIV）發電的技術。

卡門渦激振動（Karman vortex induced vibration，KVIV）原理如右圖，當流場中圓柱體後方的渦旋流出頻率（vortex shedding frequency， f_v ）等於圓柱體自然頻率（natural frequency， f_n ）時，圓柱體與流體產生共振，藉此可將流體的流動能量轉換成機械能，進而利用它產生電力。這種方法的電力



小，但這種發電設備比旋輪機體積小，維護少。

質量比（mass ratio, m_e^* ）和阻尼因子（damping factor, c ）為影響圓柱體的振幅，以及產生較大振幅的同步流速範圍（synchronization velocity range），如圖2， Z_{rms}^* ，圓柱體的無因次振幅， U^* ，無因次流速。

Longitudinal Vortex Induced Vibrations, LVIVs

在流場中，一個由兩個圓柱構成的十字形系統下游，會產生縱向旋渦流（longitudinal vortices），旋渦的類型取決於兩個圓柱之間の間距直徑比（gap-to-diameter ratio, s/d ），如圖3所示。當上游圓柱是彈性的支持，以便縱向位移（ z -方向，圖3）時，KVIV被下游圓柱抑制，但是下游圓柱的縱向旋渦流則產生大型的縱向渦激振動

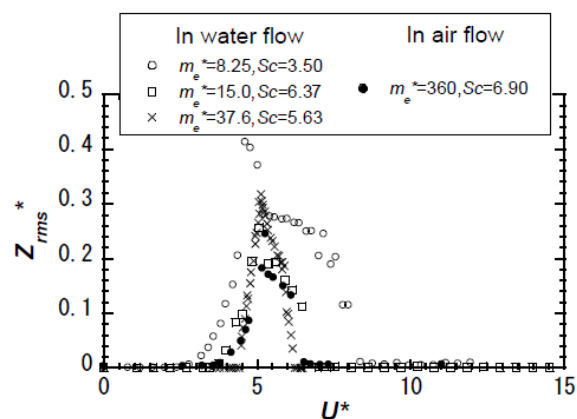


FIGURE 2. Z_{rms}^* VS. U^* FOR KVIV [10]

（LVIVs）。

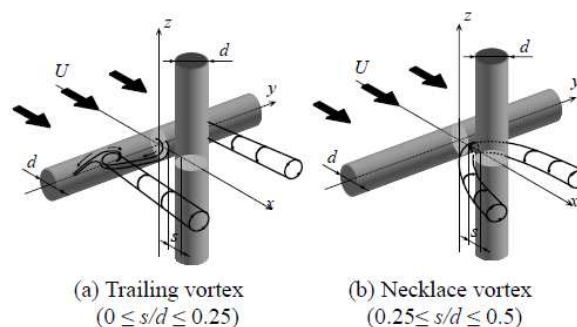


FIGURE 3. LONGITUDINAL VORTICES

圖4和圖5分別顯示在空氣流場和水流場中雙圓柱系統（two-circular-cylinder system）KVIV、TVIV及NVIV之渦旋流出頻率 f_v 及無因次振幅 Z_{rms}^* 與無因次流速 U^* 之關係，圖中可以看出，TVIV及NVIV的同步速度範圍比KVIV更寬，以及在水流場中的振幅比在空氣流場中為大。

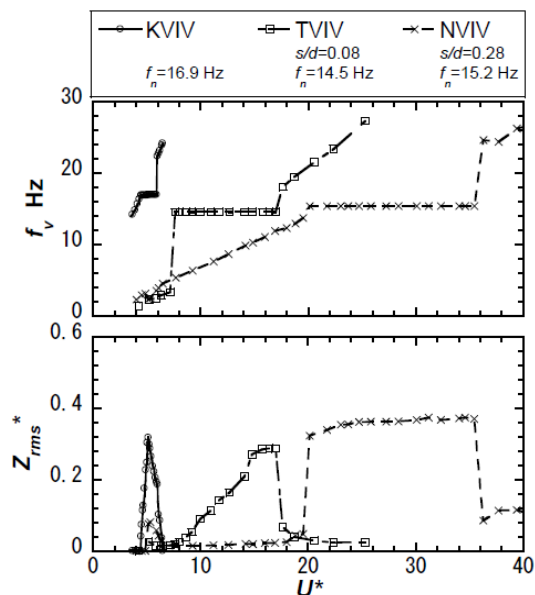


FIGURE 4. f_v and Z_{rms}^* VS. U^* FOR KVIV, TVIV AND NVIV OF THE TWO-CIRCULAR-CYLINDER SYSTEM IN AIR FLOW ($d=d'=26$ mm) [12]

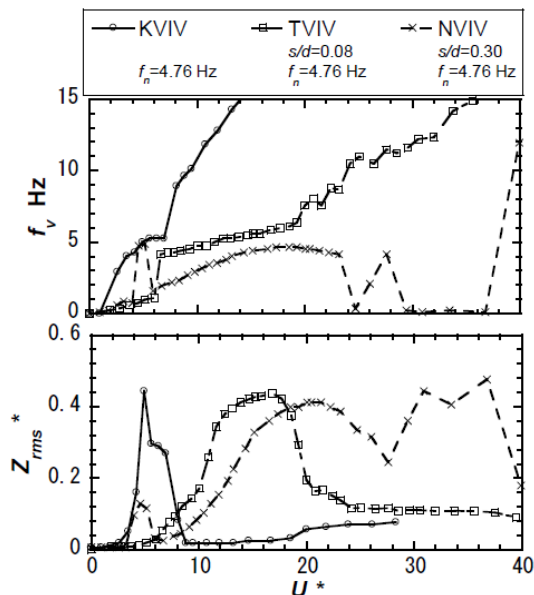


FIGURE 5. f_v and Z_{rms}^* VS. U^* FOR KVIV, TVIV AND NVIV OF THE TWO-CIRCULAR-CYLINDER SYSTEM IN WATER FLOW ($d=d'=15$ mm) [10]

以條形板取代雙圓柱系統之下游圓柱構成圓柱-條板系統（circular-cylinder/strip-plate system），也可以在其下游產生縱向渦流，圖6顯示在空氣流場中圓柱-條板系統（ $w/d = 0.5, 0.75, 0.83, 1.0$ ）及雙圓柱系統 TVIV（ $s/d = 0.08$ ）之渦旋流出頻率 f_v 及無因次振幅 Z_{rms}^* 與無因次流速 U^* 之關係， w/d 為下游條板寬度 w 與上游圓柱直徑 d 的比例，圖中可以看出在空氣流場中圓柱/條板系統（ $w/d = 1.0$ ）之同步速度範圍及振幅均大於雙圓柱系統。

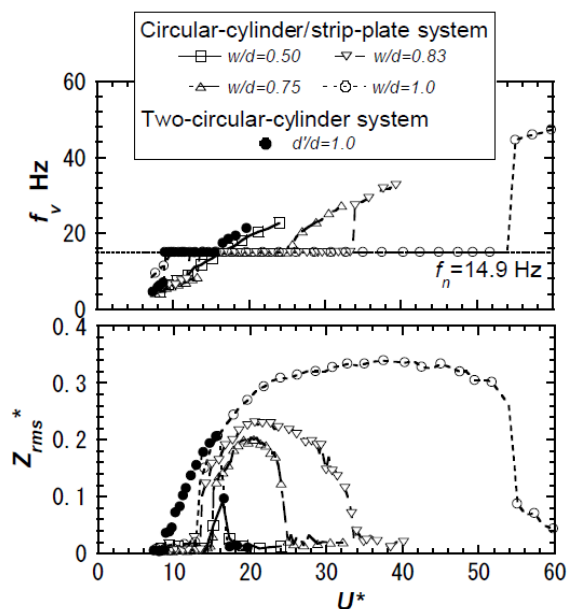


FIGURE 6. f_v AND Z_{rms}^* VS. U^* FOR TVIV ($s/d=0.08$) OF THE CIRCULAR-CYLINDER/ STRIP-PLATE SYSTEM IN AIR FLOW ($d=26$ mm)[6]

水洞（water tunnel）實驗儀器

水洞實驗的實驗裝置安排如圖7及下圖。實驗進行中的循環水隧道尺寸為100（H）× 100（寬）× 360（長）mm。最大速度為 5米/秒，並從電磁流量計測量流量求得自由流動的速度。

以兩個懸臂彈簧板支持的上游圓柱（upstream cylinder）水平設置並垂直自由流（free stream），使圓柱可在垂直方向震動（z方向）。下游條板（downstream strip-plate）固定不動，但它的x方向的位置是可調的。以鐳射位移傳感器（laser displacement sensor）測量上游圓柱位移z，並計算代表振幅的位移均方值（RMS）， Z_{rms} 。

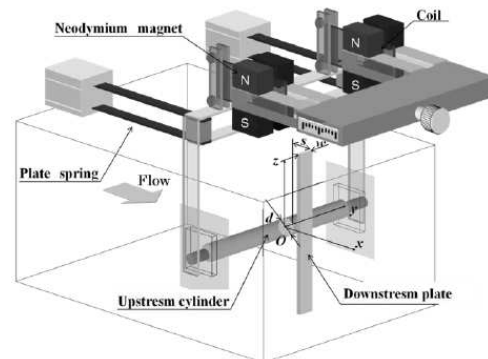
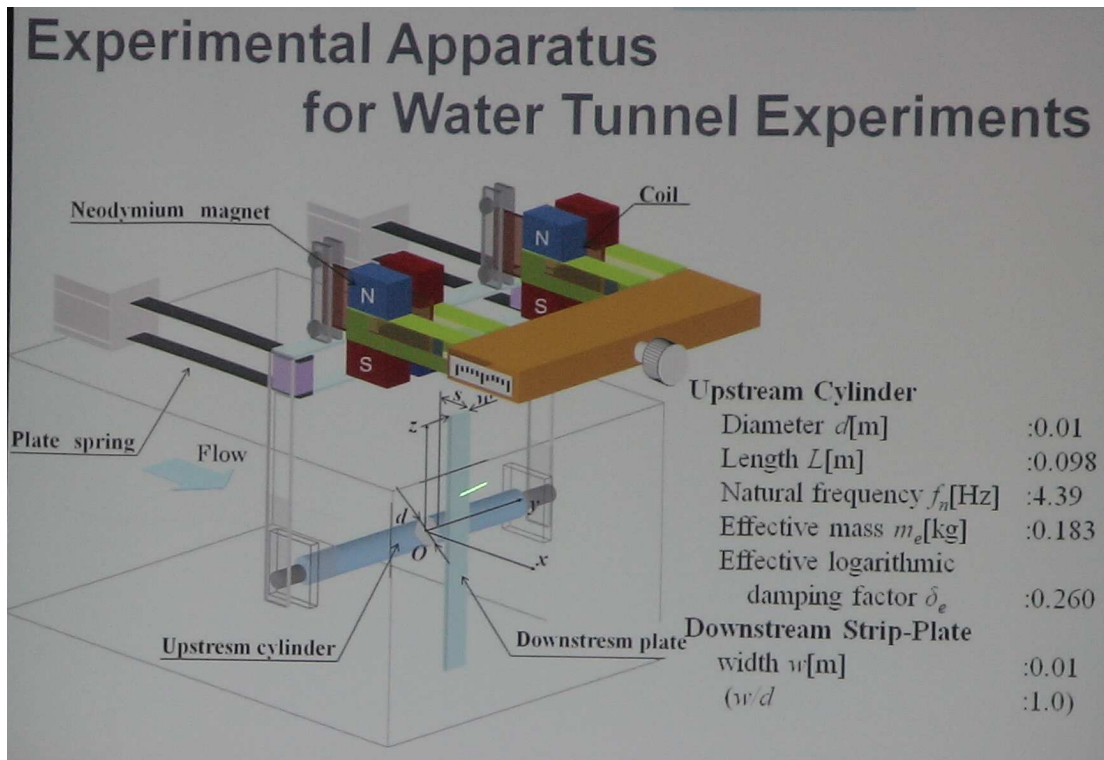


FIGURE 7. EXPERIMENTAL APPARATUS FOR WATER TUNNEL EXPERIMENTS



發電機單元是由兩組線圈和磁鐵 (a coil and a magnet) 所構成。線圈架在與上游圓柱連動之支撐臂的兩端，磁鐵固定不動，線圈夾在一定間距的磁鐵之間。實驗時負載電阻連接到線圈，以數位電表測量均方根電流 I_{rms} 、均方根電壓 E_{rms} 和電功率 P 。電路圖如圖8及發電機構如下圖所示。

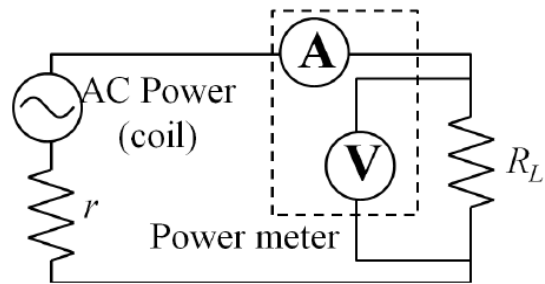
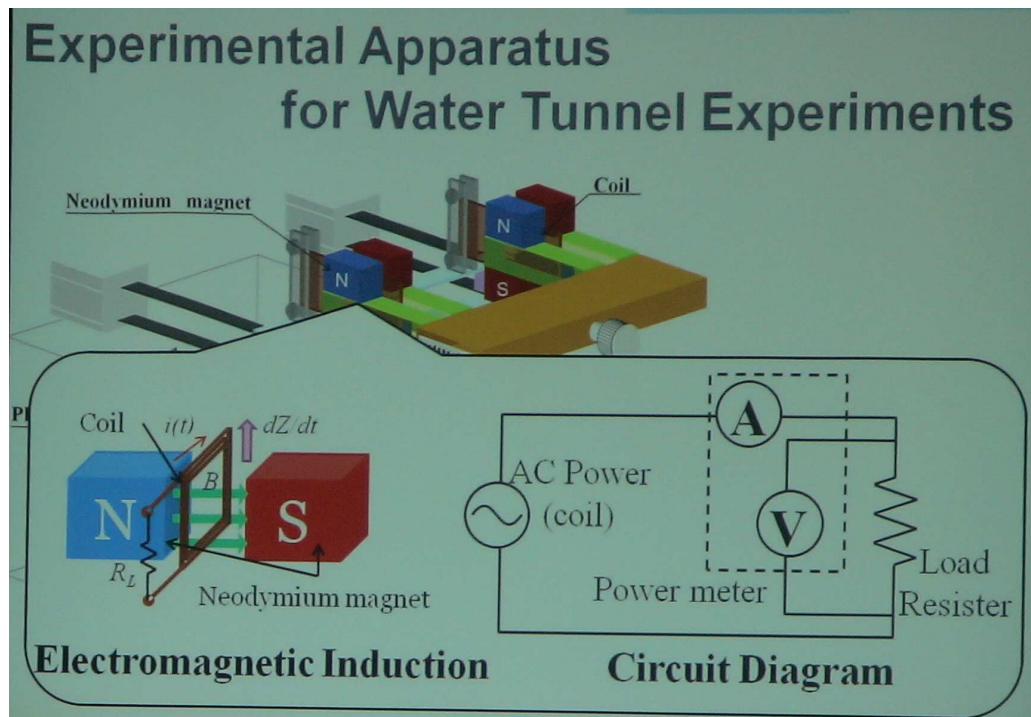


FIGURE 8. CIRCUIT DIAGRAM



開放式水面水道（Open-surface Water Channel）實驗儀器

開放式水面水道實驗裝置安排如圖9。開放式循環水通道的尺寸為：最大深度250 mm（高）x400 mm（寬）x 1000 mm（長）。在本實驗，水的深度是160 mm，上游圓柱裝在水面下80 mm的位置。以皮托管和壓力計測量水流速度，最大水流速度為 0.5米/秒。

以兩個懸臂彈簧板支持的上游圓柱（upstream cylinder）水平設置並垂直自由流（free stream），使圓柱可在垂直方向震動（z方向）。下游條板（downstream strip-plate）固定不動，但它的x方向的位置是可調的。以鐳射位移傳感器（laser displacement sensor）測量上游圓柱位移z，並計算代表振幅的位移均方值， Z_{rms} 。

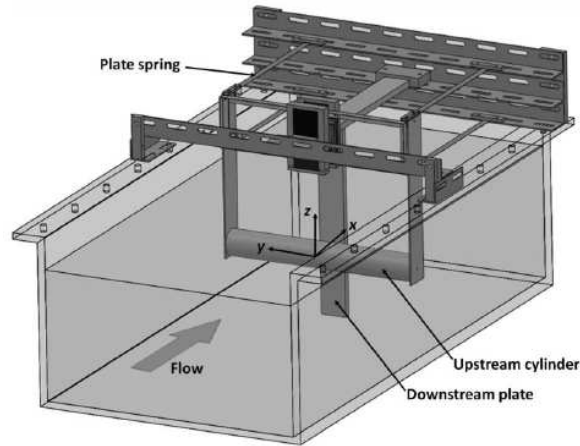
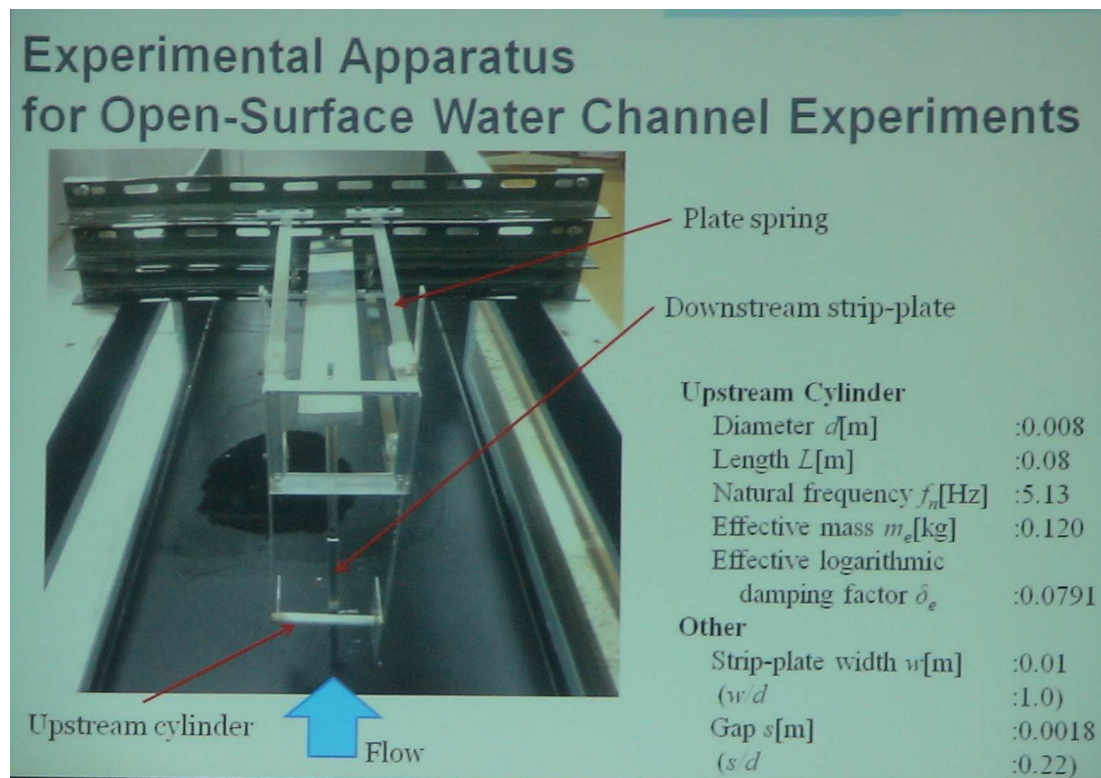


FIGURE 9. EXPERIMENTAL APPARATUS FOR OPEN-SURFACE WATER CHANNEL EXPERIMENTS



水洞實驗結果

首先，改變間距直徑比 (s/d)，以確定取得最大振幅的 s/d 值。如圖10所示，增加流速，上游圓柱產生大振幅的 s/d 範圍變得窄，只有在 $0.18 \leq s/d \leq 0.26$ 區間，三種流速均能使上游圓柱產生大且穩定的振幅。

其次，進行改變閉路電流的負載電阻 R_L 實驗，以獲得最大發電量時的 R_L 值。圖11 (a) 說明，開路電流圓柱的振動幅度是最大的，圓柱的振幅隨著負載電阻 R_L 下降而降低。圖11 (b) 和 (c) 顯示 $R = 40\Omega$ 時獲得最大的電力。

開放水面水道實驗結果

圖12顯示本次KVIV開放水面水道 (Water Channel) 實驗結果與文獻上水洞 (Water Tunnel) 實驗數據 ($m_e^* = 8.25$, $S_C = 3.50$ 和 $m_e^* = 37.6$, $S_C = 5.63$) 做比較，在 $m_e^* = 13.6$ 和 $S_C = 3.64$ 之條件下，水道實驗數據與水洞實驗數據 ($m_e^* = 8.25$, $S_C = 3.50$) 有類似的

的圓柱振幅和同步速度範圍。在 $m_e^* = 44.1$ 和 $S_C = 5.19$ 之條件下，水道實驗數據比水洞實驗數據 ($m_e^* = 37.6$, $S_C = 5.63$) 有較大圓柱振幅，以及較的寬同步速度範圍。

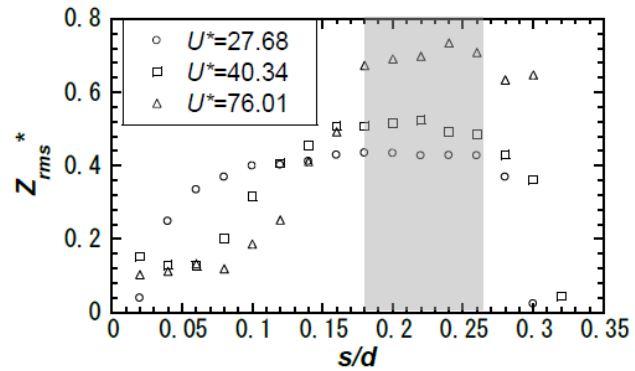


FIGURE 10. Z_{rms}^* VS. s/d FOR OPEN CIRCUIT ($R=\infty$) IN WATER TUNNEL

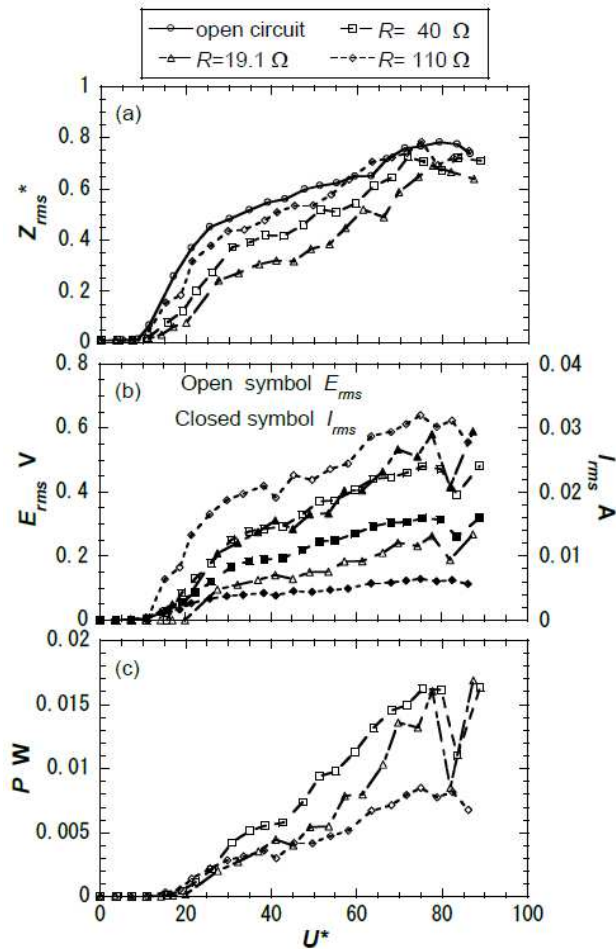


FIGURE 11. Z_{rms}^* , E_{rms} , I_{rms} AND P VS. U^* IN WATER TUNNEL ($s/d=0.22$)

圖13顯示本次TVIV開放水面水道（Channel）及水洞（Tunnel）實驗結果與文獻上KVIV水洞（Tunnel）實驗數據（ $m_e^*=37.6$ ， $S_C=5.63$ ）做比較，在 $w/d=1.0$ ， $m_e^*=44.1$ 和 $S_C=4.30$ 之條件下，水洞實驗之TVIV比KVIV具有較大之圓柱振幅，以及較的寬同步速度範圍。開放水面水道（Channel）之TVIV及KVIV實驗結果與文獻上KVIV水洞（Tunnel）實驗結果有類似的圓柱振幅和同步速度範圍。

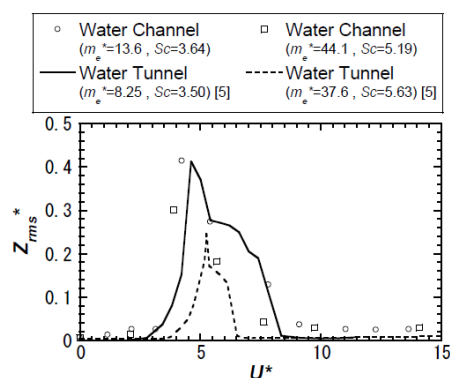


FIGURE 12. Z_{rms}^* VS. U^* FOR KVIV IN OPEN-SURFACE WATER CHANNEL

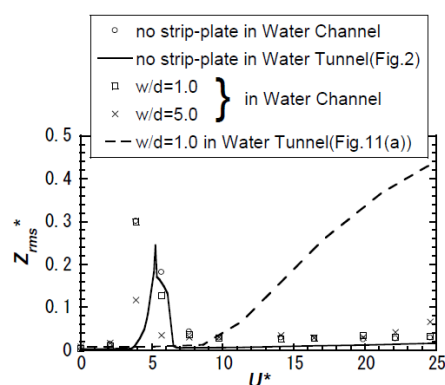


FIGURE 13. Z_{rms}^* VS. U^* FOR TVIV IN OPEN-SURFACE WATER CHANNEL

結論

作者在早期風洞實驗發現從一個十字形圓柱條板系統的尾渦流產生較大的尾渦激振動（TVIV），以及有很寬的同步速度範圍，可以利用TVIV來發電。

在本研究中進行實驗，開發利用水流TVIV來發電的技術。

首先，使用水道的實驗進行TVIV水流行為的探討，然後改變間距直徑比（ s/d ），取得產生最大振幅的最佳 s/d 值（ $s/d=0.22$ ），以及改變閉路電流的負載電阻 R_L 實驗，以獲得最大的電力的負載電阻（ $R=40\Omega$ ）。

其次，進行開放水面水道TVIV實驗，以了解開放的水面和流場之擾流（turbulence）的影響，用以探討TVIV發電在天然河流的適用性。實驗結果顯示，當圓柱軸心於水中深度超過10倍的圓柱直徑時，開放的水面和流場之擾流對KVIV的振幅和同步速度範圍的影響不大，但也沒有觀察到TVIV和下游條板抑制KVIV的現象。

四、建議

1. 量測天然氣和石油的流量時，為確保測量精度，ISO 5167 和 AGA3 標準規定，流量計安裝遠離一切干擾至少需 100D 的長度，其中 D 為管道內徑；或使用流體整流器（flow straightener）以減少這個距離。超音波流量計不使用機械轉動元件，不會干擾流場，沒有壓損，精確度高，但計量之準確性深受流場特性之影響，公司新購超音波流量計時，要確實依標準規定安裝。
2. 本公司煉製研究所「氣體大流量校正實驗室」正執行各燃氣電廠計量超音波流量計之校正工作，建議應將流量計之前管一併送至「氣體大流量校正實驗室」進行校正測試，以減少實驗室與現場流場特性之差異，提升被校流量計之準確性。
3. 於流體量測技術相關之研討會上發表論文者或參加者均來自世界各國工業界、研究機構、學術界以及國家實驗室人員，大都均已在流體量測具有相當技術及多年經驗，或負責國家實驗室之規劃建立及營運，其經驗及技術可供借鏡之處甚多，建議將來能定期派人員參加會議，吸取必要之技術及經驗，以提昇本公司「氣體大流量校正實驗室」量測技術之水準，確保實驗室之運作順暢且具優異之校正測試品質。