

公務出國報告

(出國類別：研習)

一〇四年度經濟部台灣自來水公司
「參加澳洲水質中心年度研究會議」
出國報告書

服務機關：台灣自來水公司

出國人員：姓名：胡南澤、何承嶧

職稱：總經理、組長

出國地區：澳洲

出國期間：104.11.29~104.12.5

報告日期：105.1.25

系統識別號：C10404656

公務出國報告提要

頁數：40 含附件：否

報告名稱：一〇四年度經濟部台灣自來水公司「參加澳洲水質中心年度研究會議」出國報告書

主辦機關：經濟部台灣自來水公司

聯絡人：黃柏耀（04-22244191-757）

出國人員：胡南澤、何承嶧

台灣自來水公司

出國類別：研習

出國地區：澳洲

出國期間：104年11月29日至104年12月5日

報告日期：105年1月25日

分類號/目：770 環境保護

關鍵詞：水安全計畫，水質研究，再生水，海淡廠，水庫

內容摘要：本案本公司係以專家身份受邀參加澳洲水質中心(Australia Water Quality Centre, AWQC)近年在氣候變遷影響各水源(包括河、湖及水庫等)水質變化的研究成果發表及討論會議，並輔以參訪南澳自來水公司(South Australia Water)、海淡廠(Desalination Plant)、水資源回收處理場(Waste Water Recycled Treatment Plant)及該研究機構之實驗設備(Laboratory Facilities)及監控設施(Water Control Room)。藉由與多單位多面向交流用以檢視台灣自來水公司有關水源、淨水場、管網系統至用戶端之整體飲用水水質管理架構，並針對水質研究業務進行深入討論，俾利提供安全、可靠及優質飲用水，促進人民健康及經濟發展。

摘 要

澳洲水質中心 (Australian Water Quality Centre, AWQC) 相當注重永續經營，設置有專門研究小組定期觀察供水系統的問題種類，及負責新技術之開發，AWQC 為兼具專業檢測、科學研究及技術創新之制度化水質檢驗單位，其相關技術及經驗值得本公司學習及借鏡，對本公司刻正發展研究業務、與國際接軌及推動水安全計畫 (Water Safety Plan, WSP) 具正面助益。

為有效管理水資源，AWQC 針對經營管理及降漏規劃已實施許多措施並且成效卓著。本次參訪另針對水權設定、生態保育、提供誘因促進用水效率、減少水資源運送之漏損、促進省水作為及建立合適管理機制與方法等面向可進行全方位研討，對提昇公司經營績效及用戶服務助益良多。

目錄

摘要.....	3
目錄.....	4
壹、目的.....	5
貳、研習內容與行程	7
參、研習心得.....	10
一、完整水安全計畫建置與實施流程	11
二、GWQRC Annual Workshop.....	12
三、參訪 Christies Beach Wastewater Treatment Plant (CBWWTP)	24
四、參訪 Adelaide Desalination Plant.....	28
五、參訪 Myponga Reservoir.....	30
六、參訪 Andermel Marron Farm.....	32
肆、心得與建議	33
伍、謝誌.....	39

壹、目的

我國是島國型國家，雨量很豐沛，但地形坡度大，大部分水流入大海，又加上工廠廢水、生活污水對水源的污染，造成水資源相當匱乏，水源之開發是日漸困難，開發成本升高。然工商業持續發展，國民生活水準日益提昇，用水量是逐年提高，而台灣自來水公司(以下簡稱本公司)仍必須肩負政府政策性的要求辦理各項供水任務，財務負擔甚為沉重，以現行每度自來水的平均單位成本為 10.85 元，而平均單位售價為 10.78 元，自來水水價偏低，無法反映成本，使得本公司經營更加困難。

又近期全球氣候異常，更造成水質變動相當大，尤其是濁度，汛期時原水水質高達數千或數萬 NTU，而水庫藻類優養化衍生臭味、總有機碳偏高等，已遠遠超出淨水場之處理負荷，水質管理遭遇相當大挑戰，此外，本公司自民國 63 年合併各地水廠成立公司時，所屬管線均已老舊，而當時為提高供水普及率，其新埋管線亦多採用經濟管種，迄今已有 40 年，加上我國地震頻繁，致漏水嚴重，較其他已開發國家高。面對這些問題，本公司仍基於「品質、創新、信賴、專業」之經營理念，積極推動水源開發利用多元化規劃、水源聯合調配運及充實供水系統備援備載能量用，加強水質管理及水質處理相關研究以提升水質處理技術，並投入相當人力、成本強化防漏及水壓管控工作，以中、小區管網分析評估有高缺水風險及漏水嚴重之區域，積極推動檢漏作業及管線汰換，有效控制供水系統及管線之漏水復原。進而達成本公司「提供量足、質優自來水，以提升國民生活水準、促進經濟發展」使命。

近年來因氣候急遽變化，降雨量極不平均，常造成枯水期乾旱缺水或豪雨成災導致原水濁度過高的窘境；枯水期亦因流量短缺造成供水吃緊，本公司為能解決缺水問題，需多方評估擇選最佳方案。

以大高雄地區為例，目前利用東港溪原水流量穩定、原水濁度較低及鳳山水庫自淨等特性，於高屏溪枯旱或高濁度、水源取得不易，高雄地區有缺水之虞時，以鳳山水庫原水為備用水源增加 20 萬噸民生用水，以穩定大高雄地區供水需求。本公司爰 102 年提出「鳳山水庫原水為飲用水備用水源水源水質或淨水處理改善計畫書」後，透過委外研究取得鳳山淨水場增設原水生物處理設備規設及操作參數，預期可有效降低原水氨氮及 TOC，而後導入鳳山水庫貯存，再經鳳山水庫自淨作用，由鳳山淨水場現有一期（民生用水）的高級淨水處理設備處理後，供應符合飲用水水質標準民生用水。

因此面對未來水質挑戰，首先需因應環保署針對飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估研究結果，未來水質法規將朝項目趨多及限值趨嚴方向發展。例如：(1) 清潔用品（三氯沙、二氧六圓）(2) 殺菌劑（貝芬替）(3) 新興消毒副產物（二氯乙腈、溴氯乙腈、二氯丙酮、三氯丙酮、水合氯醛）(4) 美容用品（佳樂麝香、吐納麝香）等項目。目前均無法於傳統淨水程序去除，未來將透過標準檢測方法進行必要之監測及規劃相關研究蒐集更多因應資訊。

本次研習對象為南澳水公司(SA water)及所屬澳洲水質中心(AWQC)。澳洲水質中心擁有悠久之水質檢測歷史及完善之管理策略，不僅確保南澳水公司之供水品質，更接受外部委託進行多項檢測；除此之外，澳洲水質中心編制有專門研究人員，專責進行生態調查及各項技術開發，使得澳洲水質中心在國際科學研究上頗具盛名。對本公司刻正發展研究業務、與國際接軌及推動水安全計畫(Water Safety Plan, WSP)，及針對 WHO 制訂(德國)波昂安全飲用水憲章(The Bonn Charter for Safe Drinking Water)，用以強調自來水水源、淨水場、管網系統至用戶端之整體飲用水水質管理架構等發展具正面助益。

貳、研習內容與行程

本案本公司係以專家身份受邀參加澳洲水質中心(Australia Water Quality Centre, AWQC)近年在氣候變遷影響各水源(包括河、湖及水庫等)水質變化的研究成果發表及討論會議，並輔以參訪南澳自來水公司(South Australia Water)、海淡廠(Desalination Plant)、水資源回收處理場(Waste Water Recycled Treatment Plant)及該研究機構之實驗設備(Laboratory Facilities)及監控設施(Water Control Room)。藉由與多單位多面向交流用以檢視台灣自來水公司有關水源、淨水場、管網系統至用戶端之整體飲用水水質管理架構，並針對水質研究業務進行深入討論，俾利提供安全、可靠及優質飲用水，促進人民健康及經濟發展。

水安全計畫雖源自德國波昂，自從 2004 年世界衛生組織(WHO)公布第三版飲用水水質準則(WHO Guidelines for Drinking Water Quality)及國際水協會(IWA)公布的波昂安全飲用水憲章(IWA Bonn Charter for Safe Drinking Water)後，SA Water 同時將水安全計畫(Water Safety Plan, WSP)納入經營管理的架構之中，2011 年第四版的 WHO 飲用水水質準則更強化 WSP 重要地位，台灣地區自來水事業刻正與國際水質安全概念接軌，此行針對 WSP 主題進行研討獲益良多，相關行程詳參表 1 所示。

表 1 研習行程與內容

Day	Main activities for day	Morning	Afternoon	
Monday 30 Nov	Arrive; informal discussions	CATHAY PACIFIC - CX 173 Arrive at Adelaide at 06:20AM	(Bio and photo of Board, CE and General Managers compiled to assist visitors ID SA Water representatives)	
Tuesday 1 Dec	Welcome and main workshop and SAW house visit	09:00- 13:00: Annual Workshop GWQRC – joint project presentations 13:00: Lunch Corporate Platters	14:00-16:00 Tour of AWQC – R&IS to lead (14:00) KS + MB (14:00-14:45) Tour of Control Centre Steve McMichael + Joanna Chen (14:45-15:30) Meeting WIA: Andy Roberts (15:35-16:00)	16:00 – 17:00 Meeting with SA Water CE and selected Board members. Short briefing presentations General Managers invited Comms Team (Clare Hesketh) to organise photographs & press.
Wednesday 2 Dec	Planning workshop and ADP visit	09:00- 12:30: Future research & directions workshop 12:30-13:30 Lunch Corporate Platters	13:30-14:30 Travel to Christies Beach 14:30-16:00 Tour of Christies Beach Waste Water Treatment	
Thursday 3 Dec	Adelaide Desalination	Tour: Adelaide	09:00-11:00 Adelaide Desalination Plant	

Day	Main activities for day	Morning	Afternoon
	Plant Recycled water user; Myponga reservoir, Travel to KI	Desalination Plant Myponga; Cape Jarvis	13:00-13:30 Travel to Myponga Reservoir 13:30-1430 Myponga Reservoir Leave 14:30 to travel to Cape Jarvis
Friday 4 Dec	Kangaroo Island (KI) – Andermel Marron Farm Visit	Visit KI	
Saturday 5 Dec	Depart to airport with taxis	QANTAS AIRWAYS - QF 730 departure at 06:00AM	

參、研習心得

水安全計畫針對「水源管理、配水及用戶，不是僅有淨水廠而已」的論述，與本次參訪行程以規畫整體飲用水水質管理架構相吻合，在導入研習焦點之前，首先介紹水安全計畫架構(詳圖 1)及製訂流程(詳圖 2)，用以說明 WSP 構架及其重要性。

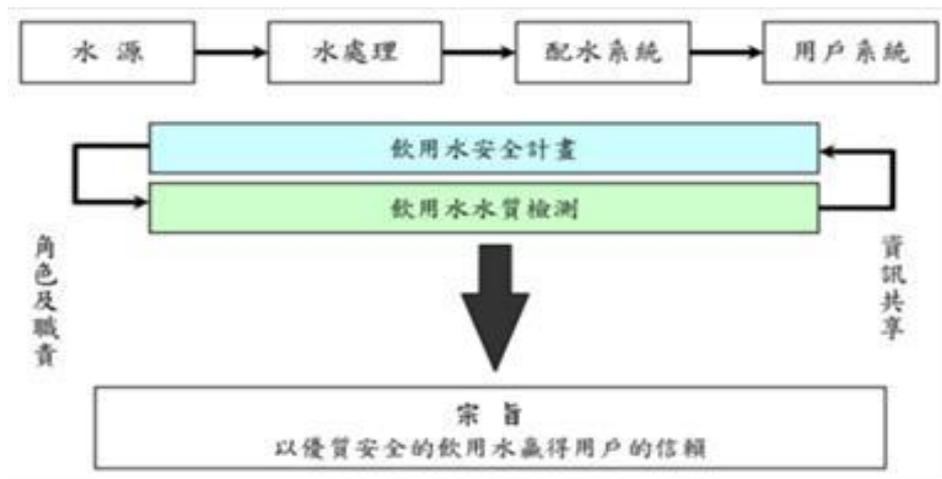


圖 1 水安全計畫架構圖

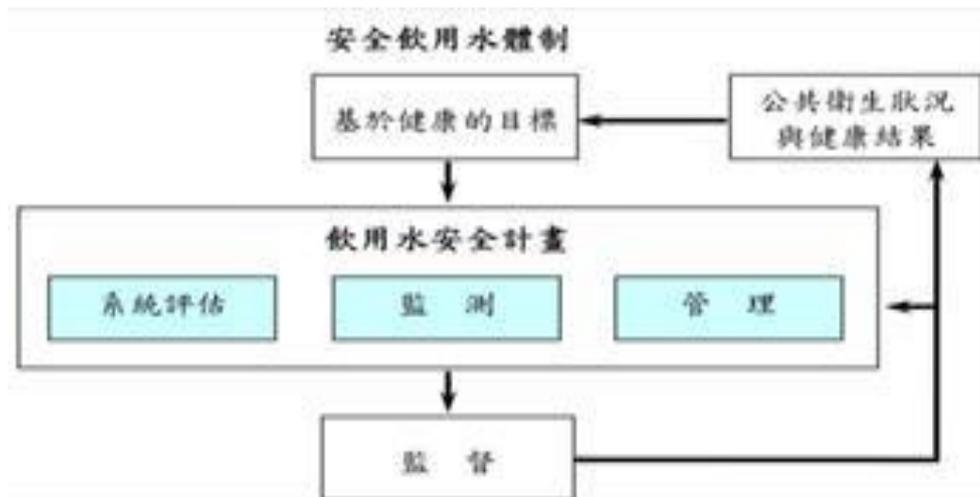


圖 2 飲用水水質標準製訂及驗證流程圖

一、完整水安全計畫建置與實施流程

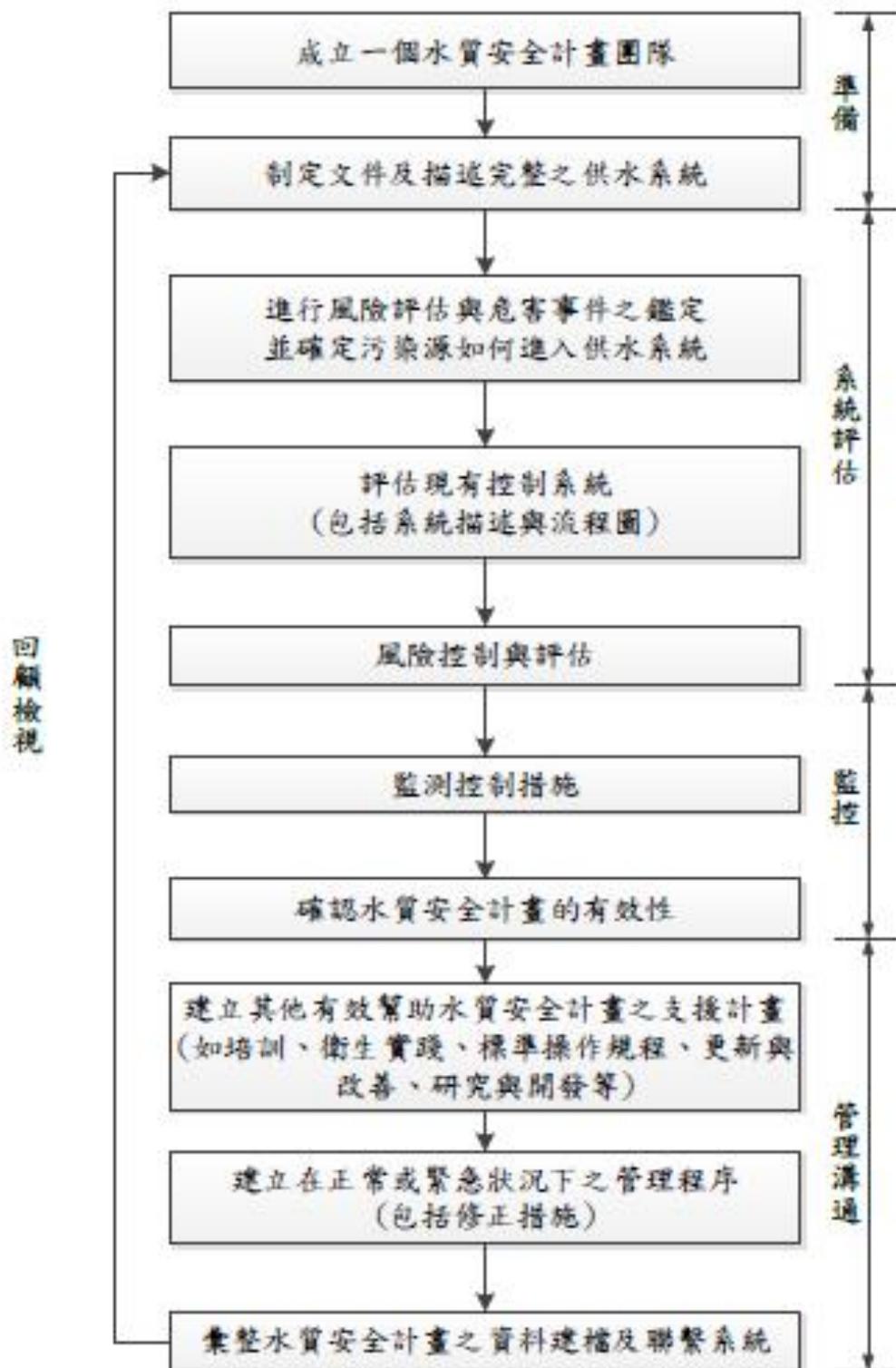


圖 3 水安全計畫建置與實施流程圖

二、 GWQRC Annual Workshop

(一) 與 WSP 聯結

因 GWQRC 每年均會針對永續性之水資源議題舉行研討會議，用以檢視過去一年及未來水質議題的成果及展望，用意頗為深遠。本次本公司有幸受邀參加，除瞭解 SA Water 及 GWQRC 處理水質議題的專業能力外，亦對其廣設專業博士人力負責研發的用心及發展國際合作業務的企圖印象深刻。

針對水安全計畫已發展至與能源與糧食等安全議題整合的階段。藉此交流機會將水、能源和糧食之間的安全策略提出發展建言，值得審視下列核心問題：

1. 明確定義治理及解決水資源、能源和糧食整合策略。
2. 與水系統連接的其他自然資源需要更系統性的探討。
3. 提供經濟誘因。
4. 持續進行創新研究和技術提昇。
5. 公共及私營部門需資助國際組織研究經費，可持續發展水資源、能源和糧食安全目標。
6. 需透過國際會議將研究界和其他利益相關者進行意見上的聯繫。

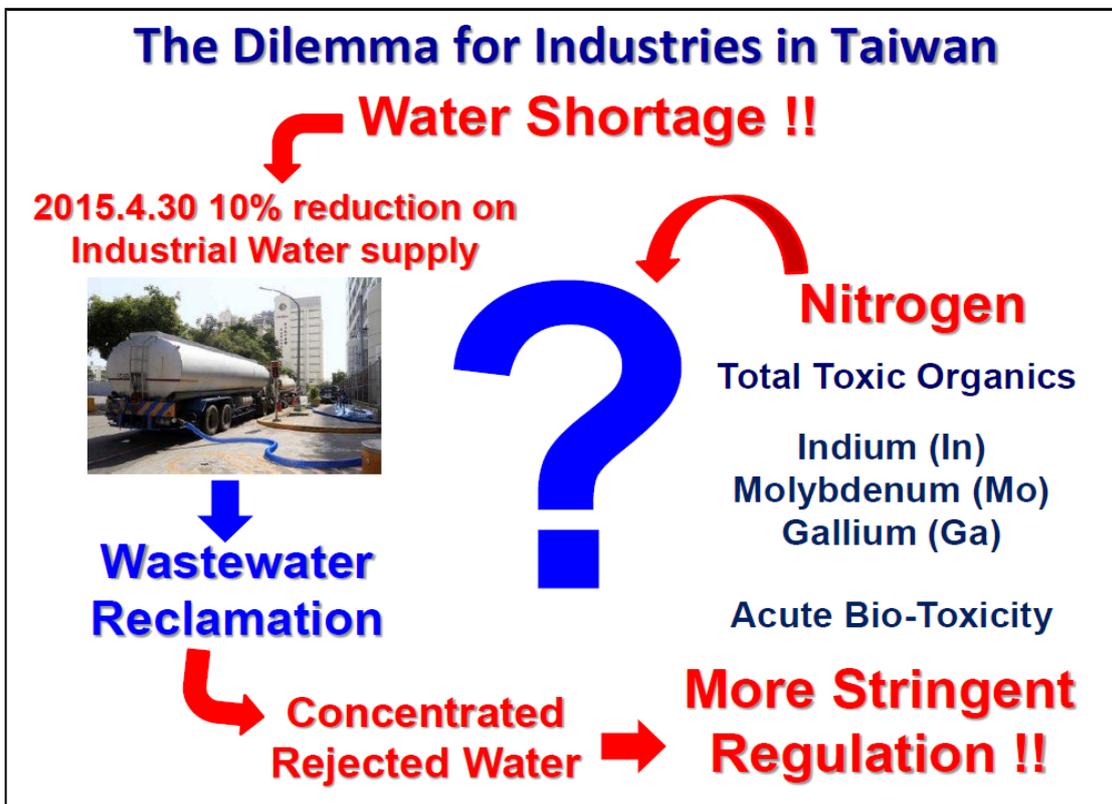
(二) 研討主題

1. Overview of Global Water Quality Research Center 2015: 包含 4 大主題

(1). Biomolecular Monitoring in Nature and Engineered Water Systems



(2). Water Treatment and Recycle Technologies



(3). Impact of Climate Change on Water Quality



SA Climate Ready
Climate projections for South Australia

GOYDER INSTITUTE FOR WATER RESEARCH

- Meteorology:
 - rainfall, temperature (max and min), vapour pressure deficit, potential evapotranspiration, solar radiation
- 200 weather stations across 8 NRM regions
- 15 global climate models
- 2 emissions scenarios (RCP4.5 and RCP8.5)
- 100 realisations of the downscaling model

Climate modelling → Detailed data sets (900,000 files) Enviro Data SA <http://data.environment.sa.gov.au> → Regional summaries Goyder Institute website <http://goyderinstitute.org>



Government of South Australia SA Water

Conclusions

- Projected direct chronic effects of future climate are:
 - Negative but not dramatic (alert level 3 not exceeded in sims)
 - Consistent with contemporary understanding of processes
- Changes in blue-green algal abundance driven by
 - Water temperature NOT stratification
- Future work will integrate:
 - Catchment impacts
 - Parameter derived uncertainty
 - Interactions with demand and supply
 - Examination of extreme events

2. Water Quality Research at AWQC

(1). Energy Neutral Wastewater Treatment



Validation of water reuse barriers

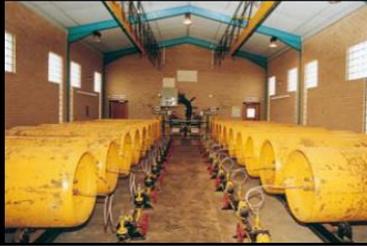
- Ensure wastewater recycling plants meet **public health** performance requirements (pathogen removal)
- Quantify fate & removal of pathogens (& indicators) through treatment processes e.g.
 - MBRs
 - UF membranes
 - Activated Sludge Plants
 - DAFF
 - Chlor(am)ine disinfection of viruses
- Includes challenge testing
- Impacts of hazardous events

(2). Water Treatment and Distribution



Current Research – Disinfection & Disinfection By-products

- Water RA 1064: Develop evidence-based approaches to monitor and manage chlorine & chloramine residuals
- ARC: Multi scale strategy to manage chloramine decay and nitrification in water distribution systems
- Filter operation for chloramine stability - stage 1
- Formation of DBP from blue green algae following chlorination



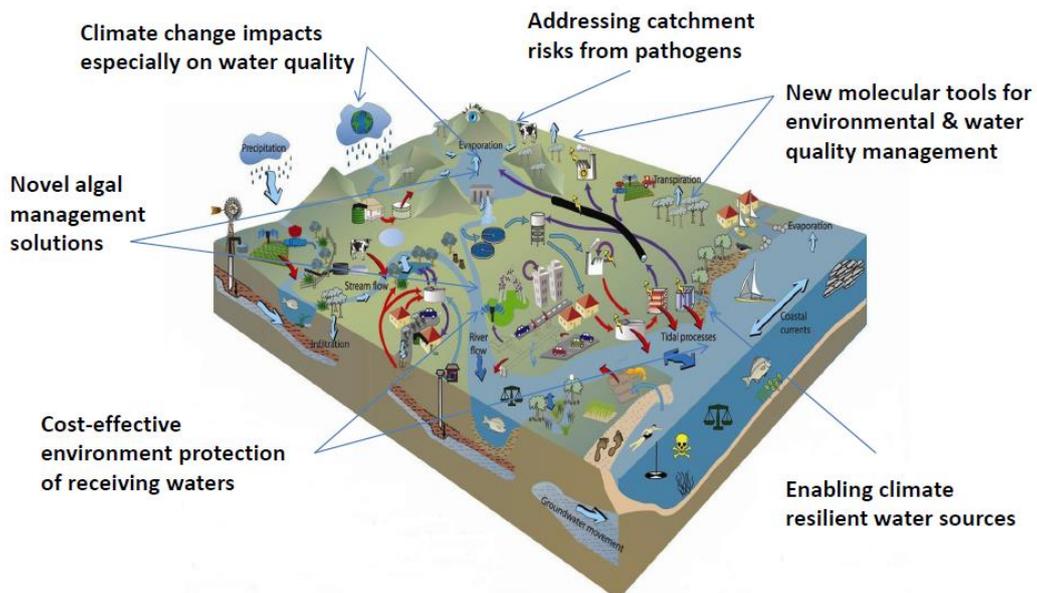
Current Research - Distribution systems

- WQRA 1008 : Optimal water quality to minimise distribution system problems
- SA Water/ Innotech: Tools for understanding and reducing risk of particle deposition in distribution systems – Stage 1



(3). Catchment to Coastal Interface

Some of our Challenges & Opportunities



3. SA Water: 4Topics

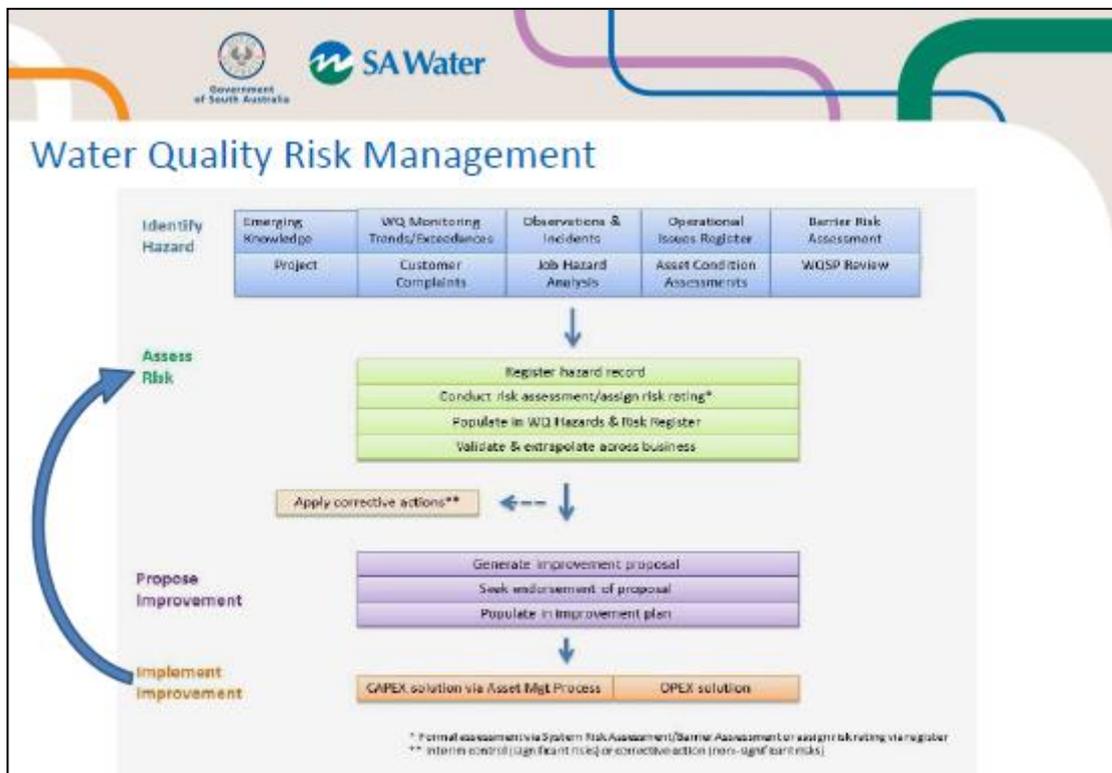
(1). Water Security



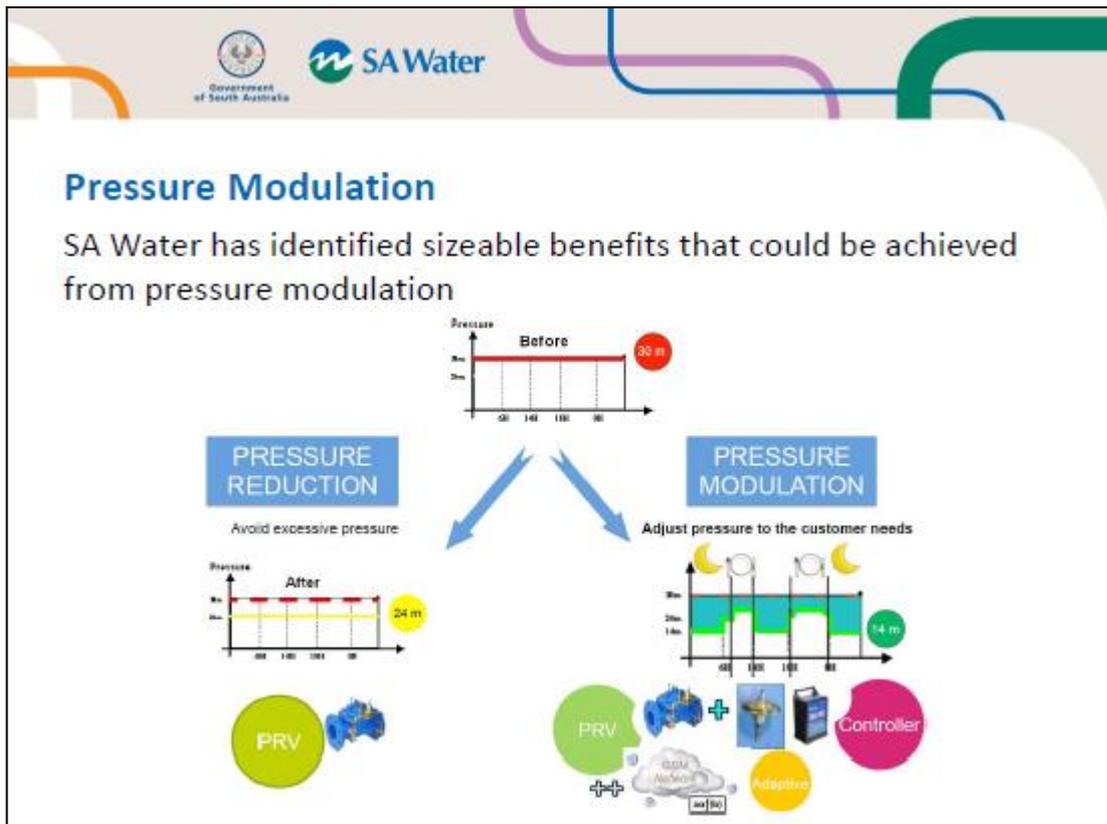
Moving Forward: Our long term strategy to provide water security for South Australia

- Protect our regional supplies further
- Ensure access to existing sources to balance affordability with other users needs
- Basin Plan
- Research to prepare us for next time

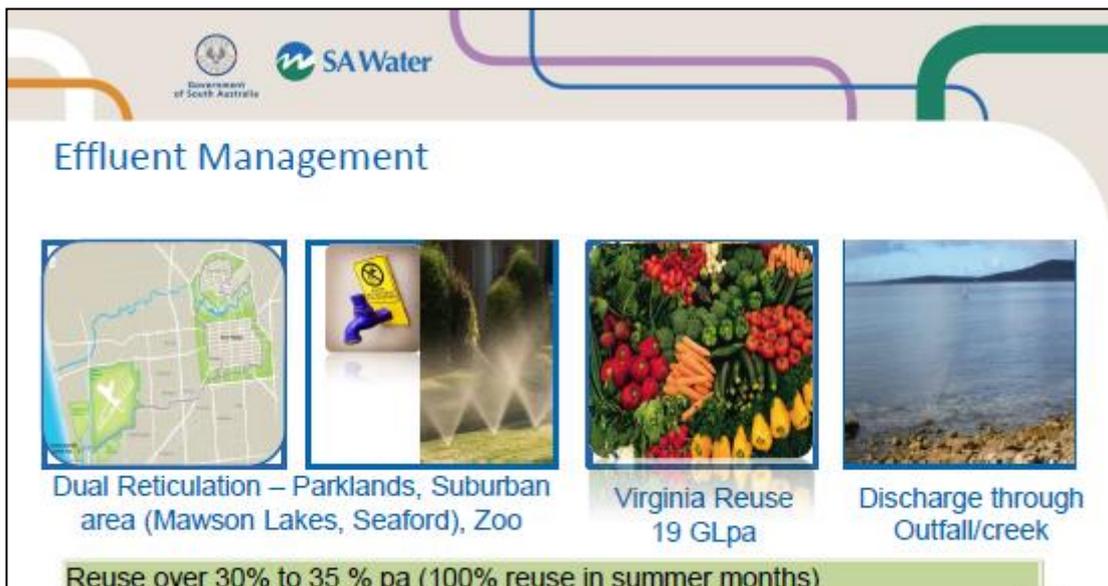
(2). Drinking Water Quality Management



(3). Network Management



(4). Wastewater Management



4. Current Issues & Challenges in Taiwan Water Corporation(TWC)

本次本公司分享的議題為：Current Issues & Challenges。從四大面向進行報告：包括 TWC 概述、經營現況、研究主題及未來發展願景。其中特別針對運用水質資訊管理工具：「實驗室資訊管理系統(Labotory Imformation Management System, LIMS)」與「水質預警系統(Alarm Data Transfer System, ADTS)」，從水質數據的品保(Quality Assurance, QA)及品管(Quality Control, QC)，建立水質數據超過 80% 法規標準值即產生預警通知專人處理，用以協助篩選具改善潛勢的水質項目及進行後續處理策略研擬等流程，最具系統性及前瞻性。

至於研究主題主要分享的議題分述如下：

(1). 極端氣候造成高濁度及低濁度原水的處理對策

中華民國經濟部
Ministry of Economic Affairs, R.O.C.

Research

➤ **Extreme climate**

- High turbidity (up to 50,000~100,000NTU)
 - **Title:** *The optimizing treatment of high turbidity raw water (2007)*
 - **Phenomenon:** High turbidity of raw water resulted in heavy rain or typhoon
 - **Result**
 - ✓ To avoid high turbidity raw water flows into water treatment plant to decrease the detriment of facilities
 - ✓ Adjusting water supply system
 - ✓ To add polymer to reduce turbidity if needed

台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION 24

Research

➤ Extreme climate

- Low turbidity

- **Title:** *Optimize the treatment process of low turbidity raw water(2008)*
- **Aim:** to diagnose and characterize the low turbidity raw water to modify water treatment process
- **Result**
 - ✓ Use high-purity PACL (60%↑)
 - ✓ Use polysilicate iron (PSI) as coagulant
 - ✓ Add polymer
 - ✓ Dilute coagulant concentration
 - ✓ Use jar-test to determine optimum suction time index (STI)

(2). 清水鋁含量的控制策略

Research of aluminum-control

- **Title:** *The investigation and analysis of the aluminum content in tap water and optimal treatment in Water Purification Station of TWC (2009~2010)*
- **Purpose:** In response to the EPA set aluminum as contaminant candidate (2015: 0.3→2019: 0.2 mg/L)
- **Result**
 - ✓ The ave. conc. of T-aluminum is 0.175~0.188 mg/L (use PACL) and 0.051~0.068 mg/L (not use PACL), respectively.
 - ✓ The content of total aluminum is significantly related to pH and turbidity.
 - ✓ The turbidity of tap water is below 0.2 NTU, then the particle aluminum is less than 0.1 mg/L.
 - ✓ When water pH is higher, dissolved aluminum increases.

(3). 原水含高總有機碳(Total Organic Carbon, TOC)及氨氮(Ammonia)的處理對策-以東港溪前處理模場為例說明

中華民國經濟部
Ministry of Economic Affairs, R.O.C.

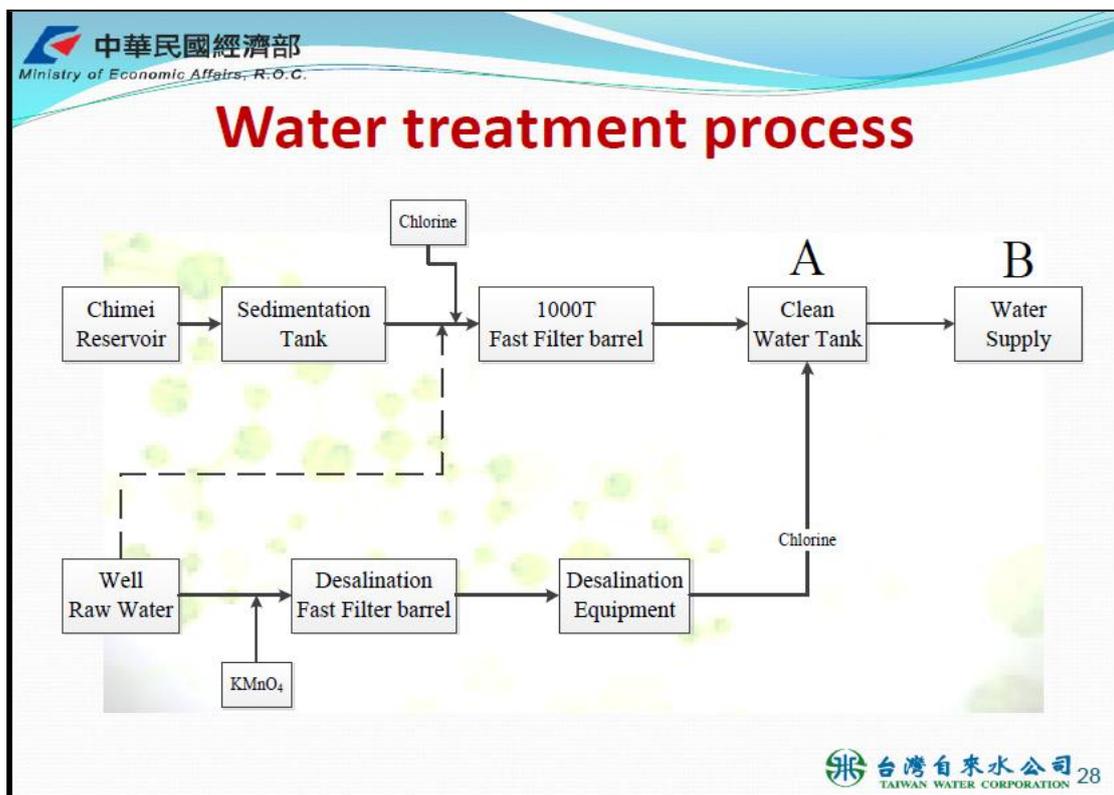
Research

Donggang River pilot-scale pretreatment plant

- **Title:** To improve raw water quality of Fengshan reservoir (2012~2014)
- **Aim:** to reduce high TOC & NH₃ of headwater
- **Result:**
 - ❑ To set up a pilot plant to simulate real treatment plant
 - ❑ Using biological unit as pre-treatment equipment before Fengshan Reservoir to remove NH₃ effectively
 - ❑ Getting parameters to construct real plant

台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION 27

(4). 澎湖七美溴酸鹽控制策略探討



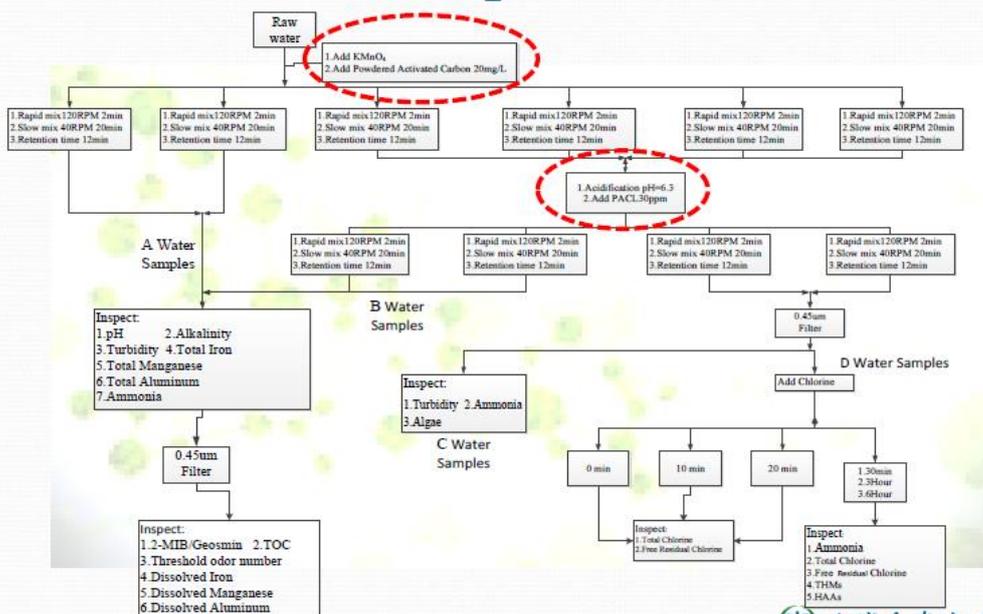
Research

- **Bromate problem:** Chimei water plant, Penghu County
- **Strategy**
 - ❑ Set up KMnO_4 vs. NaOCl dosage
 - ❑ Reduce desalination loading to save water
- **Result**
 - ❑ NaOCl 2.1ppm; KMnO_4 0.4ppm; or NaOCl 1.5ppm+ KMnO_4 0.4ppm (before fast filtration).
 - ❑ $Q_{\text{desalination}} : Q_{\text{fast filtration}} = 1:1 \rightarrow$ to reduce Cl^- , Mn , TDS , and Bromate to meet regulatory requirements.
 - ❑ Remove **Bromide** in raw water: MIEX(Magnetic Ion EXchange)(RR=99.5~100%)
 - ❑ Remove **Bromate** in tap water
 - ✓ AC(RR=44~100%)
 - ✓ Avoid light; decrease NaOCl ; keep high effective Chlorine.

(5). 抑制阿公店水庫臭味的加藥策略

Jar-Test

Ru-Tzu Water purification Plant



Jar-Test

Ru-Tzu Water purification Plant



● **Phenomenon**

- ◆ A-Gung-Ten is a shallow-plate reservoir (12m in depth)
- ◆ Odor caused by sediment-flushing turbulence during 6/1-9/10 every year

● **Result**

- ◆ **Odor inhibition**
 - ✓ KMnO_4 0.5ppm + AC 20~40ppm
 - ✓ Acidification pH6.5 + AC 20~40ppm
- ◆ **Al Reduction**
 - ✓ Replace PACL to FeCl_3 as coagulant
- ◆ **TOC & NH_3**
 - ✓ Agents allowed to use by EPA just make **RR \leq 45%**
 - ✓ **Biological research is highly recommended in the future**

(6). 研擬油溶水(Oil in Water)及油浮水(Oil on Water)監測儀器之設置評估要點

中華民國經濟部
Ministry of Economic Affairs, R.O.C.

Research

Oil-on-Water Detection and Monitoring

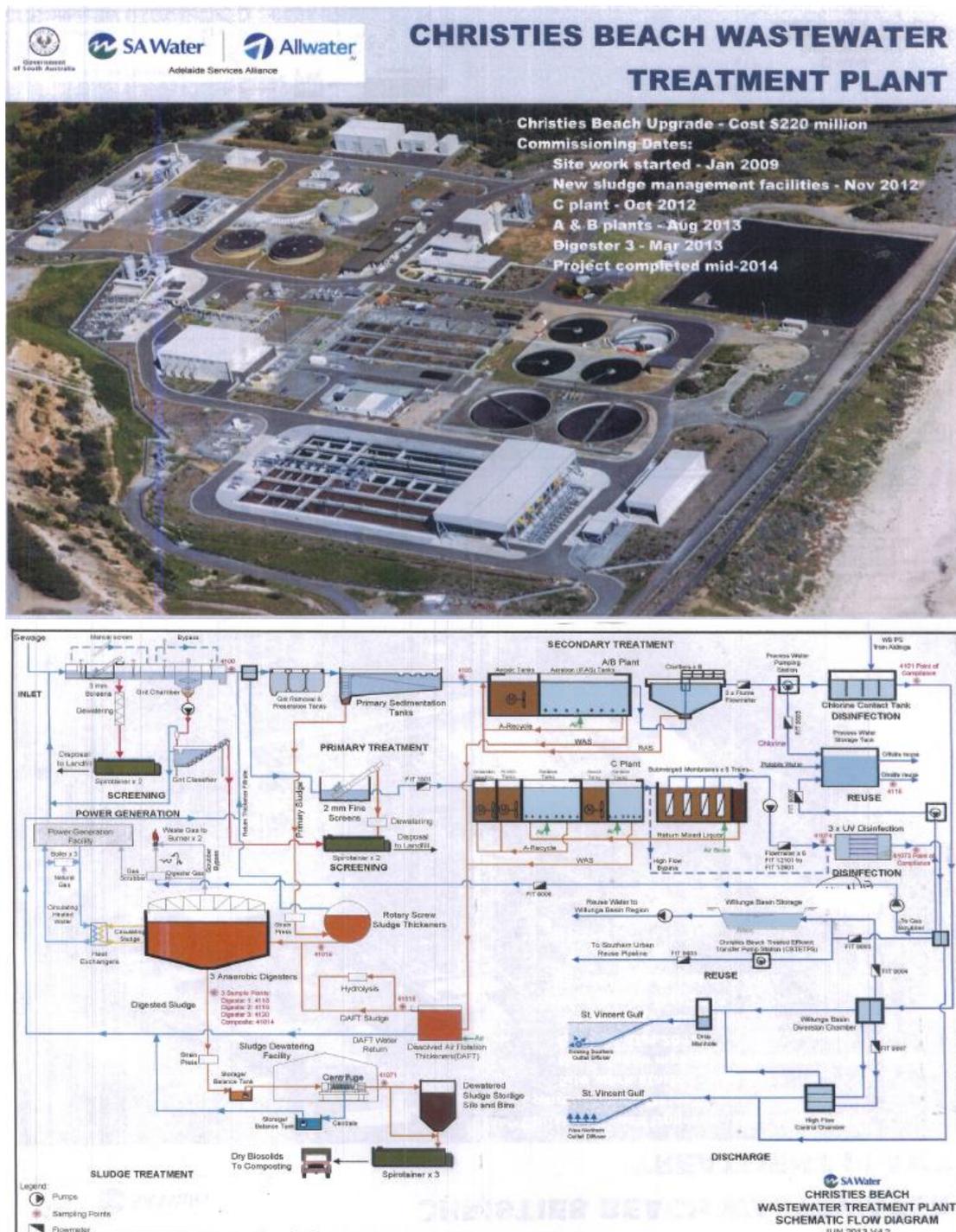
Technology	Electromagnetic Energy Absorption	Electrical Capacitance	Electrical Conductivity	Optical Reflection	Conductive Membrane Technology
Manufacturer	GF Analytical Instruments	Many companies	Many companies	DKK, InterOcean, others	Tyco
Minimum detectable oil layer	< 0.3 mm	3-5 mm	3-5 mm	0.0013 mm	1 mm
Measures layer thickness increase	0.3-200 mm	Impossible	Impossible	Impossible	Impossible
Detectable oils	Aromatic and Aliphatic	Aromatic and Aliphatic	Aromatic and Aliphatic	Only Aromatic	Partial (Doesn't detect motor, hydraulic, vegetable, or dielectric oils)
False alarm probability due to oil/dirt coating	Low	High	High	n.a.	High
False alarm probability due to non-oil floating particles	Low	High	High	High	Low
False alarm probability due to high water velocity	Low, up to 60 cm/sec	High	High	High	Low, up to 10 cm/sec
False alarm probability due to light reflection	None	None	None	High	None
Water level changes affect on performance	Low	High	High	High	Medium

Source Water From River

台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION 32

三、參訪 Christies Beach Wastewater Treatment Plant (CBWWTP)

Christies Beach 污水處理廠位於阿德萊德都市區，2009 年土建完工，部分電氣和機械工程則於 2013 年全面竣工。該污水處理廠首要目的是滿足該地區不斷增長人口的用水需求。直至 2030 年為止，該廠可每年提供再生水 300 萬噸供園藝澆灌用，有效舒解供水負荷。以下二圖表示該廠平面配置圖及處理流程圖。



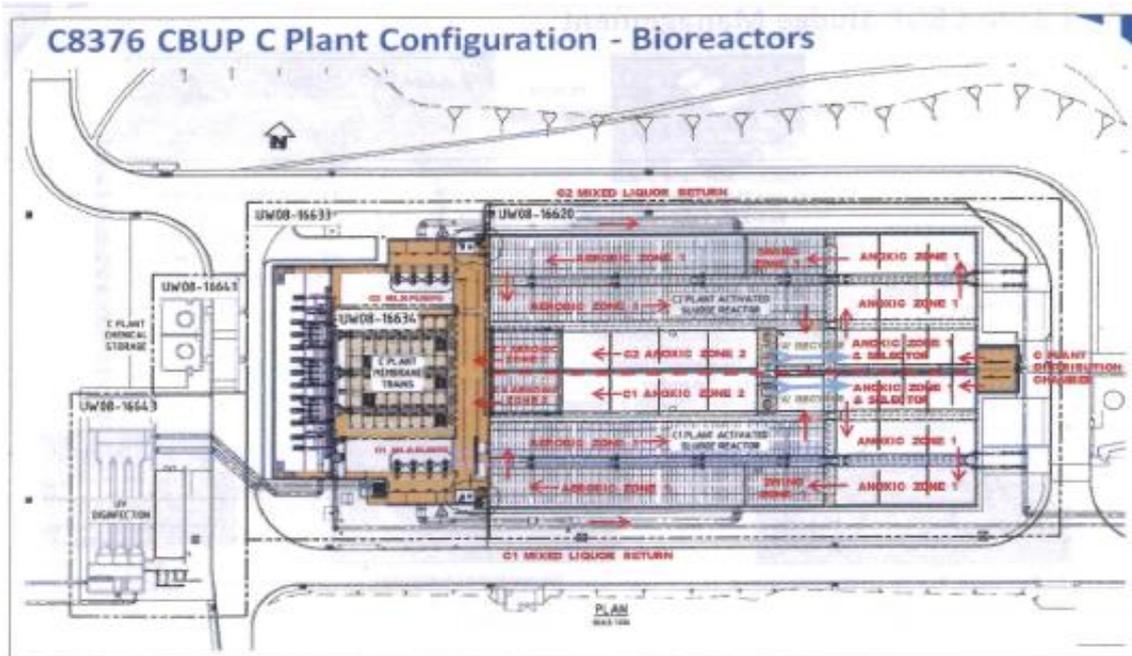
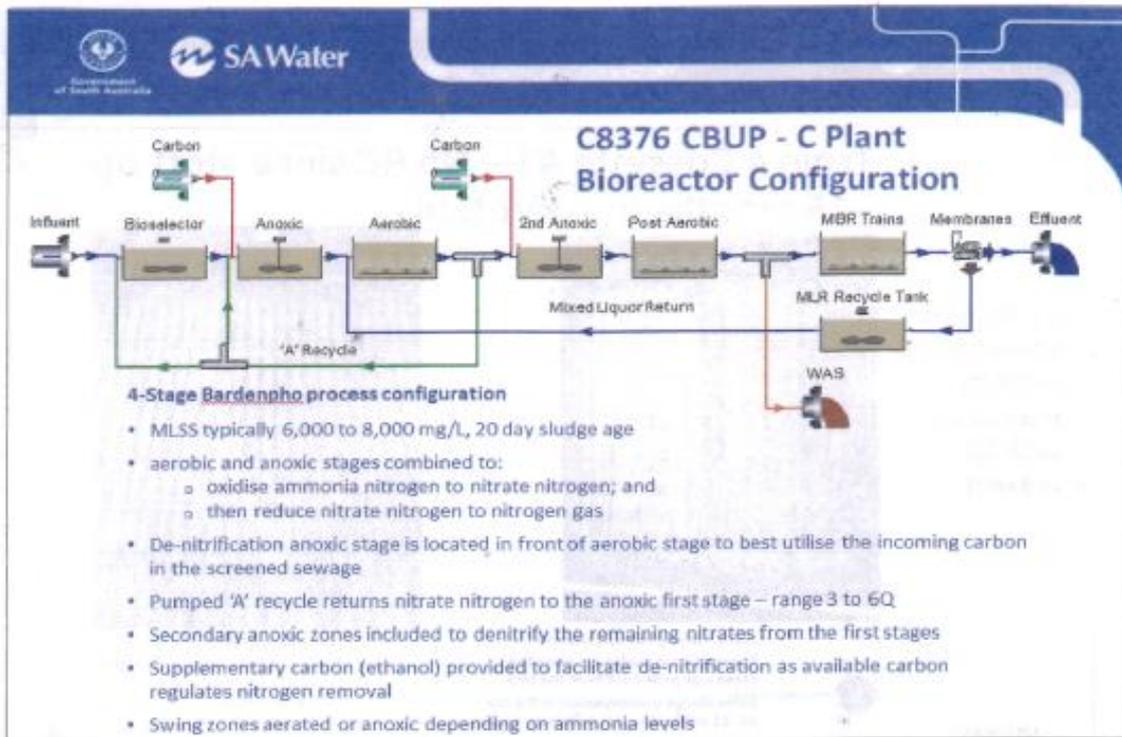
SA Water 人員開誠布公，將該廠相關細部設計參數均悉數提供，可做為後續規劃類似污水及再生水處理的參考指標。

South Australian Water Corporation Christies Beach Wastewater Treatment Plant Key Design Parameters			
Design Sewage Flows & Loads		A & B Plant Biological Reactors	
Population Served	Total 225,000 C Plant 112,500	2-Stage Modified Ludzack Eltinger (MLE) process configuration for BNR	
Average annual flow (ML/d)	45.0 22.50	Total no. of trains for A & B plants	4
Peak daily flow (ML/d)	112.5 56.25	Reactor length (m)	69.96
Peak wet weather flow (ML/d)	159.0 79.25	Individual tank width (m)	7.47
Total BOD ₅ Conc'n (mg/L)	245	Average water depth (m)	4.00
Total COD Conc'n (mg/L)	380	Reactor volume per train (m ³)	1,821
Total SS Conc'n (mg/L)	378	Total reactor operating volume (m ³)	7,286
Ammonia Conc'n (mg/L)	51	Total detention time at AAF (hrs)	7.77
TKN Conc'n (mg/L)	68	Anoxic zone volume (%)	35.0
Total Phosphorus Conc'n (mg/L)	13	Anoxic / aerobic swing zones (%)	13.6
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	300	Design MLSS conc'n (mg/L)	4,000
Total Dissolved Solids (mg/L)	1,000	Typical sludge age (days)	10
Average BOD Load (kg/d)	11,025	No. of WAS pumps per plant - 1 duty + 1 standby	12
Average SS Load (kg/d)	26,100	WAS pump duty flowrate (L/s)	12
Average SS Load (kg/d)	12,510		
Average TKN Load (kg/d)	3,060		
Average TP Load (kg/d)	599		
Coarse Screens - 2 duty + 1 standby		A & B Plant Clarifiers	
Max. Hydraulic Capacity (ML/d) per screen	100	A Plant Clarifiers	
Aperture size (mm)	3	No. of clarifier tanks	4
Type - Contractor wedge wire drum		Individual tank internal diameter (m)	21.34
Grill Removal - Vortex Grill Trap - 1 duty unit		Individual tank surface area (m ²)	308
Tank diameter (m)	7.31	Individual tank side wall depth (m)	3.34
Peak Hydraulic Capacity (ML/d)	250	Individual tank volume (m ³)	1,418
Aperture size (mm)	2	Total clarifier surface area (m ²)	1,431
Type - Huber woven wire mesh		RAS pumps - 2 duty + 1 standby @ avg 18,144 m ³ /d	
No. of SPROTAINER screenings bins - 1 duty + 1 standby		B Plant Clarifiers	
Fine screens - C Plant only - 3 duty + 1 standby		No. of clarifier tanks	2
Max. Hydraulic Capacity (ML/d) per screen	22.5	Individual tank internal diameter (m)	30.00
Aperture size (mm)	2	Individual tank surface area (m ²)	707
Type - Huber woven wire mesh		Individual tank side wall depth (m)	4.49
No. of SPROTAINER screenings bins - 1 duty + 1 standby		Individual tank volume (m ³)	3,562
A & B Plant Primary Sedimentation Tanks		Total clarifier surface area (m ²)	1,414
No. of tanks	4	RAS pumps - 2 duty + 1 standby @ avg 20,563 m ³ /d	
Total tank surface area (m ²)	741	A & B Plants	
Total volume (m ³)	2,261	Total clarifier surface area (m ²)	2,138
Detention time at AAF (hrs)	2.41	Solids loading rate at AAF (kg/m ² .hr)	3.50
Surface loading rate at AAF (m ³ /m ² .d)	30.5	Solids loading rate at PDF (kg/m ² .hr)	7.10
BOD removal efficiency (%)	36	Overflow rate at AAF (m ³ /m ² .hr)	0.44
TSS removal efficiency (%)	88	Overflow rate at PDF (m ³ /m ² .hr)	1.10
Design parameters presented have assume 4 trains at A & B plant and 2 trains at C plant operating			
4-Stage Bardenpho process configuration for BNR incorporating bio-selectors for fine-foaming biomass		C Plant Biological Reactors	
No. of trains (C1 & C2)	2	4-Stage Bardenpho process configuration for BNR incorporating bio-selectors for fine-foaming biomass	
Total overall length per reactor (m)	240	No. of tanks (C1 & C2)	2
Individual tank width (m)	8.00	Total overall length per reactor (m)	240
Average water depth (m)	5.00	Individual tank width (m)	8.00
Reactor area (m ²)	1,820	Average water depth (m)	5.00
Reactor volume per train (m ³)	8,600	Total C Plant reactor volume (m ³)	19,200
Volume selector zones 1 to 3 (%)	5.1	Volume selector zones 1 to 3 (%)	5.1
Volume anoxic zones 1 to 8 (%)	15.0	Volume anoxic zones 1 to 8 (%)	15.0
Volume aerobic swing zones (%)	6.7	Volume aerobic swing zones (%)	6.7
Volume aerobic zones 1B to 2D (%)	48.9	Volume aerobic zones 1B to 2D (%)	48.9
Volume denitrification zones 1 & 2 (%)	6.6	Volume denitrification zones 1 & 2 (%)	6.6
Volume second anoxic zones 1 to 5 (%)	16.5	Volume second anoxic zones 1 to 5 (%)	16.5
Typical sludge age (days)	22.0	Typical sludge age (days)	22.0
No. of WAS pumps per plant - 1 duty + 1 standby		No. of WAS pumps per plant - 1 duty + 1 standby	
"A" recycle rate at AAF	12 x Q	"A" recycle rate at AAF	12 x Q
Max. "A" recycle per bioreactor (m ³ /hr)	3,825	Max. "A" recycle per bioreactor (m ³ /hr)	3,825
Selective recycle rate at AAF	1.4 x Q	Selective recycle rate at AAF	1.4 x Q
Max. biosolids recycles per bioreactor (m ³ /hr)	16,200	Max. biosolids recycles per bioreactor (m ³ /hr)	16,200
C Plant Membranes		C Plant Membranes	
Membranes are ZeeWeed ZW-503d Hollow Fibre			
Membrane material	Brushed PVDF	Effective pore size (mm)	0.025
Transmembrane pressure - clean (kPa)	20 - 25	No. of membrane trains (no standby)	8
No. of membrane cassettes per train	8	No. of membrane cassette spaces per train	8
Total no. of installed cassettes	42	Total no. of installed cassettes	42
No. of membrane modules per cassette	48	No. of membrane modules per cassette	48
Total no. of membrane modules	2,016	Membrane surface area per train (m ²)	10,814
Membrane surface area per train (m ²)	10,814	Total installed membrane surface area (m ²)	63,885
Membrane flux rate range (LMH)	8.8 - 36.8	Membrane flux rate range (LMH)	8.8 - 36.8
No. of duty / standby permeate pumps	6 / 3	No. of duty / standby permeate pumps	6 / 3
No. of duty / standby air scour blowers	3 / 1	Air scour flowrate per train	4,000
Total air scour flowrate	34,000	Total air scour flowrate	34,000
C Plant Bioreactor Aeration System			
No. of duty / standby blowers			
Minimum blower capacity (Sm ³ /h)	6,000	Maximum blower capacity (Sm ³ /h)	13,333
Total output capacity - all blowers	40,000	Total number of diffusers per train	3,400
Effective diffuser diameter (mm)	220	Total number of diffusers in C plant	8,800
Average diffuser density (%)	11.9	Total Actual Oxygen Transfer Rate (kg/hr)	112 - 386
Total Actual Oxygen Transfer Rate (kg/hr)	112 - 386	Total Standard Oxygen Transfer Rate (kg/hr)	309 - 1,114
Total Standard Oxygen Transfer Rate (kg/hr)	309 - 1,114	Aerobic zone SOTE (%)	29.7 - 31.8
Aerobic zone SOTE (%)	29.7 - 31.8	Aerobic zone SOTE (% per metre)	6.3 - 6.7

South Australian Water Corporation Christies Beach Wastewater Treatment Plant Key Design Parameters			
UV Disinfection System		Primary Sludge Thickening	
Calgon C500 in-channel units for C plant		Huber RoS-24 Rotary Screw Thickeners	
Design flow conditions (ML/d)		Duty + standby	1 + 2
- minimum dry weather flow	4.50	Volumetric loading rate (m ³ /hr)	75
- average annual flow	22.50	Solids Loading Rate (kg/hr)	800
- peak daily flow	56.25	Required solids concentration (%)	5
- peak wet weather flow	56.25	Thickened primary sludge (kgTSS/d)	3,656
No. of UV channels	3	Thickened primary sludge flow rate (m ³ /d)	73.1
Max. flow rate per duty UV channel (ML/d)	28.13	Polymer dosing system using powder	
No. of UV banks per channel	2	Dissolved Air Flotation WAS Thickener	
No. of UV racks per bank	7	Duty + standby	1 + 1
No. of lamps per rack	8	A & B plant WAS to be thickened (kg/d)	2,675
No. of lamps per bank	56	C plant WAS to be thickened (kg/d)	4,908
No. of lamps per channel	112	Total WAS volumetric loading (m ³ /d)	1,500
Total no. of installed lamps (all channels)	336	DAFT tank dimensions (m)	
Design UV transmissivity (unfiltered) (%)	85	width	5.00
UV dose at end of lamp life (mJ/cm ²)	40	length	26.85
Max. power consumption per lamp (W)	250	depth	2.75
Guaranteed lamp life (hours)	12,000	flotation surface area	126.9
Chlorination System		DAFT hydraulic loading rate (m ³ /hr)	1.10
Chlorine dosing of A & B plant effluent, works water & foam control sprays		DAFT solids loading rate (kg/m ² .hr)	2.70
Design flow conditions (ML/d)		DAFT effluent flow (m ³ /d)	1,348
- minimum dry weather flow	4.50	Sludge Digestion System	
- average annual flow	22.50	No. of anaerobic digestion tanks	3
- peak daily flow	56.25	Tank diameter (internal) (m)	21.34
- peak wet weather flow	78.75	Volume per digester (m ³)	3,250
Chlorinator capacity (kg/hr)		Sludge Digestion System	
A plant high flow chlorinator	20	Sludge input flow (m ³ /d)	
B plant high flow chlorinator	20	- primary sludge	73
A/B plant low flow chlorinator	20	- thickened WAS	150
A/B plant low flow chlorinator	20	- total sludge flow	223
A/B plant spray chlorinator	10	Solids retention time (days)	39
Bulk chlorine storage - 820 kg drums		Digester operating temperature (deg C)	36
Duty + standby drums	3 + 3	Sludge loadings (kgTSS/d)	
Chlorine dose set-point & flow paced		- primary sludge	3,856
		- thickened WAS - A & B plants	2,675
		- thickened WAS - C plant	4,908
		- total solids	11,240
		Total volatile solids loading (kgVSS/d)	9,125
		Ratio primary - thickened WAS	33 : 67
		Volatile solids loading rate (kgVSS/m ²)	1.84
		Gas yield - primary sludge (m ³ /kgVSS)	1.0
		Gas yield - thickened WAS (m ³ /kgVSS)	0.7
		Gas production - avg yield (m ³ /d)	2,601
		Digester sludge - total solids (kgTSS/d)	8,166
		Digester sludge - volatile solids (kgVSS/d)	6,971
Chlorination System		Sludge Digestion System cont'd	
Mechanical Mixing of Digesters		No. of mixing pumps per digester (duty/standby)	
- no. of mixing pumps per digester (duty/standby)		1 / 1	
- mixing pump capacity (L/s)		181	
- digester turn-over time (hrs)		5.0	
Sludge Transfer Pumps		Sludge Transfer Pumps	
- no. of sludge transfer pumps (duty / standby)		1 / 1	
- duty flowrate (L/s)		9	
Sludge Recirculation Pumps		Sludge Recirculation Pumps	
- no. of sludge recirculation pumps (duty / standby)		3 / 2	
- duty flowrate (L/s)		30	
Digested Sludge Pumps		Digested Sludge Pumps	
- no. of digested sludge pumps (duty / standby)		1 / 1	
- duty flowrate (L/s)		8	
System heating requirements (kW)		winter / summer per digester	
winter / summer per digester		209 / 166	
No. of heat exchangers per digester		1	
No. of gas fired boilers (duty + standby)		3 + 1	
No. of waste gas burners (duty + standby)		1 + 1	
Waste gas burner capacity (Sm ³ /d)		7,680	
Performance in 2014/15		Performance in 2014/15	
- grid electricity (MWh)		9,289	
- gas engine (MWh)		1,734	
- digester gas to engine (m ³)		794,795	
- digester gas flared (m ³)		228,697	
- plant energy efficiency (MWh/ML)		1.05	
Digested Sludge Dewatering System		Digested Sludge Dewatering System	
Dewatering by high performance Alfa Laval centrifuges		Dewatering by high performance Alfa Laval centrifuges	
- dewatered sludge flow (m ³ /d)		225	
Digested sludge solids load (kg/d)		8,186	
Centrifuge feed balancing tank volume (m ³)		125	
Centrifuge feed pumps (duty + standby)		2 + 2	
Duty flow rate (m ³ /hr)		14	
No. of duty + standby dewatering centrifuges		2 + 1	
Max. centrifuge feed rate (m ³ /hr)		14	
Maximum sludge loading rate (kg/hr)		336	
Inlet feed solids content (%)		3	
Outlet sludge solids content (%)		25	
Typical operating hours per day		24	
- duty centrifuge no. 1		24	
- duty centrifuge no. 2		8.5	
Cassette discharge flow (m ³ /min) - each unit		5.9	
Polymer dose rate (kg/TSS)		12.0	
Volume of 0.5% polymer solution (L/d)		17,706	
No. of biochairs bins (duty + standby)		1 + 2	
Individual bin effective volume (m ³)		16.0	
Treated Wastewater Quality		Treated Wastewater Quality	
A & B plant (combined)		A & B plant (combined)	
median BOD ₅ (mg/L)	< 10	Design	2014/15
median TSS (mg/L)	< 15	Design	2.5
median Total Nitrogen (mg/L)	< 19	Design	4.0
median NH ₄ -N (mg/L)	< 15	Design	0.6
median E. coli (log/100 mL)	< 1.0	Design	2
C Plant		C Plant	
median BOD ₅ (mg/L)	< 5	Design	2.0
median TSS (mg/L)	n/a	Design	1.0
median turbidity (NTU)	< 0.1	Design	0.3
median UV transmissivity (%)	n/a	Design	60
median Total Nitrogen (mg/L)	< 6	Design	3.2
median ammonium NH ₄ -N (mg/L)	< 0.5	Design	0.1
median Total Phosphorus (mg/L)	n/a	Design	5.3
median E. coli (log/100mL)	< 10	Design	0
median enterococci (log/100mL)	< 4	Design	n/a
median TDS (mg/L)	n/a	Design	630
Christies Beach WWTP Flows		Christies Beach WWTP Flows	
Marine discharge	8,159	2014/15	8,281
Reuse	3,575	2014/15	5,625
Total treated wastewater production	11,734	2014/15	3,919
C Plant Treatment Process LRVs		C Plant Treatment Process LRVs	
Pathogen log ₁₀ reduction values (LRVs) credited for C Plant at commissioning			
Treatment component	Viruses	Protozoa	Bacteria
Activated sludge process & UF membrane filtration	1.5	2.0	3.0
UV disinfection (R.E.D. > 15 mJ/cm ²)	0.0	3.5	4.0
C Plant Total	1.5	5.5	7.0



生物處理單元為污水處理的核心，該場以厭氧兼氣(anoxic)方式去除氮氣，並輔以薄膜(Membrane)技術強化去除效果，相關流程及說明詳如以下圖示。



SA Water
Department of South Australia

Train 4 Cassette #1 – No RC since start up ~15 months in operation

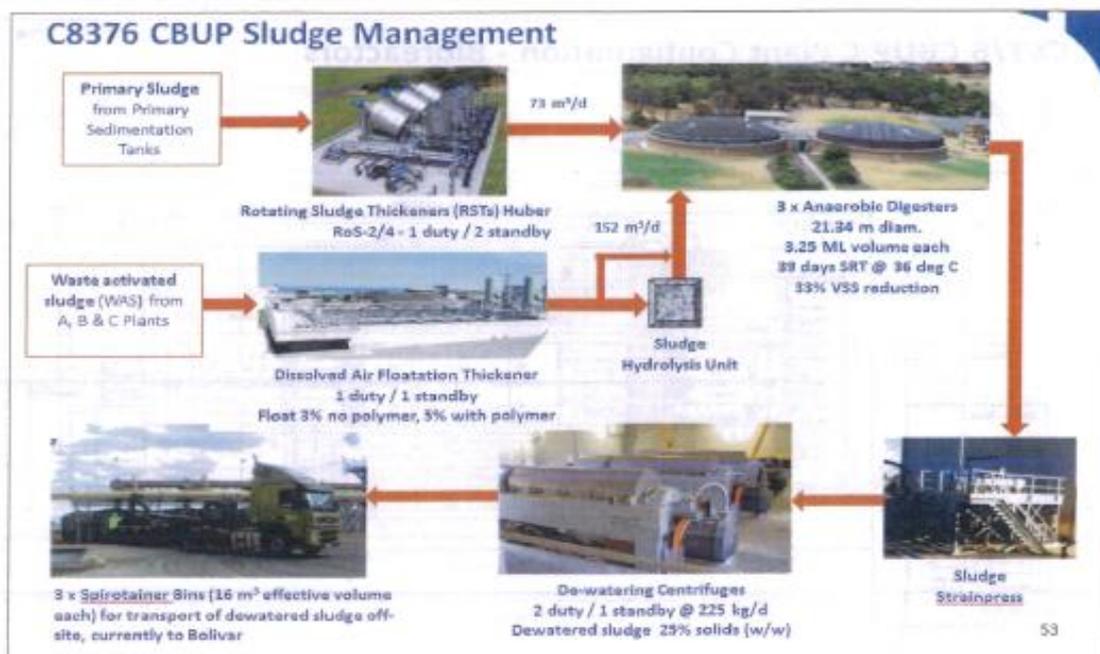
Membrane Cassette Inspection
May 2013
with GE present

- Front – facing influent channel
- Foam and not sludge covering the fibres – as pulled out from the tank
- Some sludge accumulation in the top 10 -15 cm from upper permeate header

- rear – facing T4C2
- Some sludge accumulation in the top 10 -15 cm from upper permeate header

1/12/2015 38

至於污泥最終處置部分，我們比較關心的是採用何種方式處理？因為澳洲的優勢是地廣人稀，故掩埋處理為其首選，而此策略目前在台灣也僅東部地區尚為可行，其他仍需朝再利用方向努力。相關污泥處理流程詳參下圖。



四、 參訪 Adelaide Desalination Plant

阿德雷得海水淡化廠(Adelaide Desalination Plant, ADP) 位於南澳洲 Lonsdale，供應 Adelaide 50% 民生用水。2008 年南澳州政府令 SA Water 主導該海淡廠建造，以初設成本 \$1.83 billion 澳幣，年維護成本約\$130 million 澳幣執行該計畫，該廠於 26 March, 2013 正式完工並開始營運。

Adelaide Desalination Project 包括四大主題，主要海水淡化流程詳參下圖：

1. 建造海淡廠(含地下工程)。
2. 抽水站及 12 km 管線工程聯結「快樂谷水庫自來水處理廠(Happy Valley Reservoir Treatment Plant)」。
3. 電力網路及電力加壓站。
4. 其他連結工程包括：Preliminary site works, land and other interconnection works with SA Water's existing facilities。

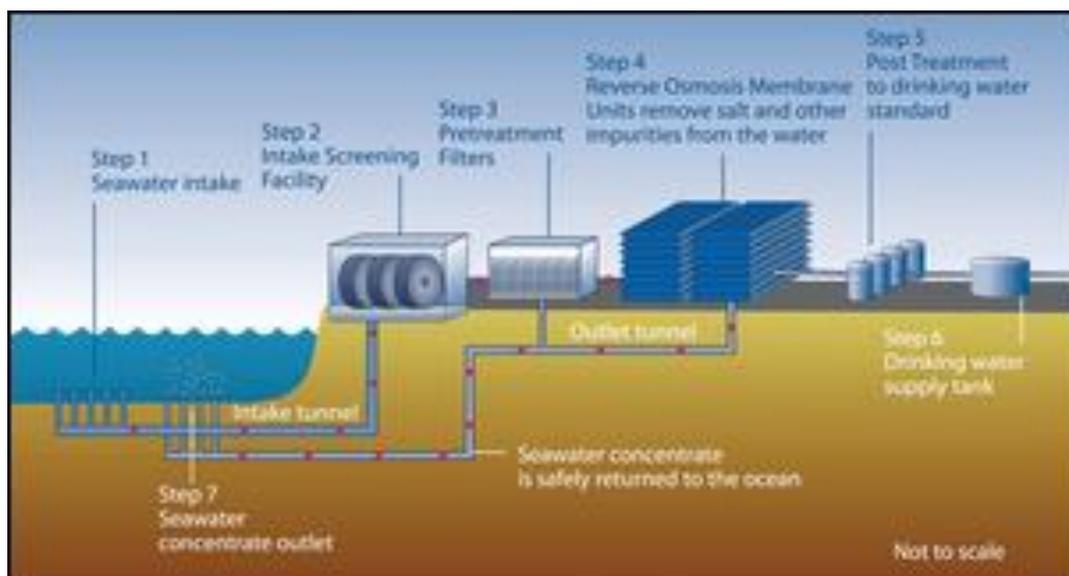


圖 4 Adelaide Desalination Plant Flow chart

截至 2015 年底為止，Adelaide Desalination Plant 是南澳洲政府投資並擁有的最大規模建造計畫。而且注重與周遭環境相融，外觀仿若美術館(詳下圖)，令人驚歎。



Adelaide Desalination Plant

目前該場所面臨的問題是建造供水量遠大於實際需用水量，因該場以海淡水供應澳洲用水量為目標值，惟現有水源仍有地面水及湖庫水，因此該海淡廠以設定分期操作方式因應，讓現有機組均能投入營運，又可免除閒置產生銹蝕及加速老舊的問題。

五、 參訪 Myponga Reservoir

Myponga Reservoir 位於南澳洲距 Adelaide 南約 60 km 的 Myponga 鎮，建造 5 年(1957~1962)。主要水系是 Myponga River，擴及一些集水區內的小河系。雖然此水庫僅提供 Adelaide 約 5% 的用水量，但其主要係生態功能，涵養水以備枯旱降臨。

該水庫於盛夏及日照強烈時期會產生藻類大量滋生的問題，目前 SA Water 的處理方式以添加碳酸鈉(Na_2CO_3)或過氧化氫(H_2O_2)方式進行除藻，據稱可效抑制，此點可予 SA Water 進行深入研討。

另因 2014 澳洲旱象致 Myponga Reservoir 集水區內發生森林大火，南澳洲政府為加速復育，涵養水土，已儘速栽植樹苗，截至 2015 我們拜訪的此時，已然略有成果。請參照下二圖可做為佐證。



圖 5 Myponga Reservoir (~2014)



圖 6 Myponga Reservoir (2015)

六、 參訪 Andermel Marron Farm (in Kangaroo Island, KI)

因具有淨水處理背景，同時對淡水養殖(aquaculture)及高價甲殼類動物(boutique crustacean)(尤其以淡水龍蝦最為著名)具有濃厚興趣，Andermel Marron 1997 年於澳洲袋鼠島(Kangaroo Island)成立 Marron farm 開始圓夢。該農場佔地 4.8 公頃，劃設許多池塘(pond)，並以圍網包覆防止鳥類啄食(all netted against birds)，溶氧部分則交由槳輪(paddle wheel)負責，採人工餵食並方便監看水生動物生長情形，以處理異常狀況，例如：暴斃、相殘、破網或曝氣機故障。

本次參訪該農場的重點在於研討水循環過程中因水產動物產生高氨氮排泄物，如何透過水處理技術將氨氮去除，提高養殖產物存活率，以增加銷售產量。據瞭解該農場以曝氣提供氧氣，並藉以氧化氨氮為硝酸鹽，再經由過濾裝置定期將池水引入另一大型溜池(Lagoon)，任其自然硝化及脫硝作用，再輔以定期水質檢測，待其符合水質要求後適時補注養殖池水及其他澆灌用水，充分運用水資源的態度值得學習。



圖 6 Andermel Marron Farm Pond

肆、心得與建議

1. 水源保護區的設立，在水庫集水區範圍內設立水源保護區，南澳方面跟台灣有相似情況，河川管理、水庫管理與水公司分屬不同部門，水權的劃分使得自來水公司無法全面管理水源，僅能針對水公司管轄範圍進行育林計畫及生態調查，其中植樹可加強水土保持也可以加強土壤中的飽水量，可防止南澳夏季乾熱自燃現象；生態調查是水庫或水源水質管理的重點，AWQC 與研究單位合作，調查生物多樣性，並據以制訂因應對策。
2. AWQC 的分工主要以商業導向跟研究導向來區分，研究部門測試檢驗方法，查看各國水質標準以讓檢驗標準使盡可能符合各國水質標準。商業部門主要做例行性的水質監測實驗，一般的微生物測試，化學性總磷，總氮，加藥產生的副產物測試等。其他特殊需求會依照客戶的需要增減各檢項。關於研究部門，AWQC 亦會配合學校等研究機構來開發新方法，例如動物實驗；有毒物質若要進行動物測試，需有專門養動物的動物房以確保動物的生長環境等，若無須作大量的動物實驗與當地學校配合是很不錯的方法。
3. AWQC 的化學部門具有一專門獨立的標準品室，配製標準品，盲樣供給大家測試，是一種內控機制。配合 NATA 規定（實驗室人員操作）每 3 個月測試實驗人員的標準作業流程，檢討操作方面的盲點與缺失，另包括生物、化學及水處理等實驗室設置的規模，均值得本公司參照。
4. AWQC 依據不同的用水（飲用水，工業用水，公共區域用水）會發展出不同的水質檢測標準。飲用水的水質標準最高，公共區域用水（游泳池，公園的湖水，海水浴場等）僅會與身體皮膚接觸，標準會略為降低，也不需考慮適飲及口感。

5. 人力資源，人力為最重要的資產，為防止人員有職業傷害，AWQC 有請醫師，物理治療師來評估人員，在工作中常作的動作（提重物，搖水樣瓶，長期使用顯微鏡等）訂出一套工作安全規範。
6. **實驗室的建立**：動線的規劃，以負壓實驗室為中心，各實驗室工作檯面相通為一個大實驗室，其外圍就近為個人辦公室，並設有多個入口，僅相關人員可以刷卡進入。實驗室基本上可分為作例行性工作的商業組與研究組，分工規劃詳盡，商業部門會因應客戶需求不作多餘檢項，較有效率；分工細膩，各組皆有專業人才尤其以研究部門最為明顯，可以作更深入的研究。
7. **產品測試 (product testing)**：AWQC 對於所有的接觸水的材質進行測試，輸送水的管材、水龍頭、加熱器內的管子及其它可能會接觸與盛裝水的容器均加以測試。由於南澳水公司對處理用水分類較詳細，有一般公共用水，工業用水，飲用水，熱水等，檢測產品也會依不同用水而有不同的檢項。有直觀察覺的味道、水色的改變與需經過嚴密檢測而得的水中含金屬、有毒物質、致癌物質等的一系列檢測。主要目的為確保處理完善與符合標準之水的品質不受其他接觸材料而影響品質，例如塑膠管材可能受壓、受熱或運輸過程淤塞而產生細菌滋生進而釋放有毒物質，長期間飲用或接觸此種水可能會產生身體細胞突變的風險，或短期間造成身體不適。另外金屬的材質容器經長期間使用可能會釋出少量金屬，例如鉛、鋁、砷等過量時可能會造成因長期飲用而導致疾病的可能性。綜觀以上，AWQC 充分掌握客戶用水安全的精神值得學習。
8. **水價**：澳洲的水價，尤其南澳水價是相當高的，舉 2011 年各國水價比較(見附件一)，台灣地區平均水價為每度 9.24 元，在統計的 44 國中排第 40 位，相較之下，南澳洲平均每度 81.85

元，則位居高水價第二位；若將各國每人 GDP 列入考量而計算出平均水質負擔率，台灣以 0.304% 排第 43 名，僅比澳門負擔率略高，而南澳洲則以 0.893% 排第 20 位。想要有優質的飲水仍需龐大的投資，台灣水資源相當貧乏，用水量也高，但水價卻難以調整，的確有捉襟見肘的壓力。

附件 2011 年各國平均每戶家庭自來水費統計表

國家或地區 (英文)	國家或地區 (中文)	平均每人 GDP (美元)		每戶每年自來 水費 (美元) 【B】	平均水價 (新台幣/度) 【C=Bx】		水費負擔率 【D=B/Ax】	
		【A】	排名		排名	排名		
Switzerland	瑞士	80,391	2	573.89	86.75	1	0.714%	26
South Australia	南澳洲	60,642	4	541.45	81.85	2	0.893%	20
Denmark	丹麥	59,684	6	528.25	79.85	3	0.885%	22
Northern	北愛爾蘭	38,818	17	468.81	70.87	4	1.208%	15
Germany	德國	43,689	16	467.56	70.68	5	1.070%	19
United Kingdom	英國	38,818	17	447.22	67.61	6	1.152%	17
Australia	澳洲	60,642	4	428.79	64.82	7	0.707%	27
Israel	以色列	31,282	23	427.65	64.65	8	1.367%	13
Canada	加拿大	50,345	8	384.28	58.09	9	0.763%	24
Belgium	比利時	46,469	13	378.13	57.16	10	0.814%	23
Austria	奧地利	49,707	10	333.33	50.39	11	0.671%	31
Netherlands	荷蘭	50,087	9	331.79	50.16	12	0.662%	32
Japan	日本	45,903	15	328.13	49.60	13	0.715%	25
Finland	芬蘭	49,391	11	317.49	47.99	14	0.643%	33
Norway	挪威	98,102	1	308.40	46.62	15	0.314%	42
Cyprus	塞浦路斯	30,670	24	272.64	41.21	16	0.889%	21
Slovakia	斯洛伐克	17,646	28	264.36	39.96	17	1.498%	10
New Zealand	紐西蘭	35,973	20	250.47	37.86	18	0.696%	29
Portugal	葡萄牙	22,330	26	248.58	37.58	19	1.113%	18
Singapore	新加坡	46,241	14	234.61	35.47	20	0.507%	34
Spain	西班牙	32,244	22	220.48	33.33	21	0.684%	30
USA	美國	48,442	12	214.74	32.46	22	0.443%	36
Sweden	瑞典	56,927	7	212.79	32.17	23	0.374%	39
Poland	波蘭	13,463	31	210.14	31.77	24	1.561%	9
Hungary	匈牙利	14,044	30	206.01	31.14	25	1.467%	11
Brazil	巴西	12,594	33	197.96	29.93	26	1.572%	8
Bulgaria	保加利亞	7,158	38	185.53	28.05	27	2.592%	5
Chile	智利	14,394	29	176.85	26.73	28	1.229%	14
Romania	羅馬尼亞	8,405	37	161.42	24.40	29	1.921%	6
Lithuania	立陶宛	13,339	32	159.46	24.11	30	1.195%	16
Gabon	加彭	11,114	34	153.94	23.27	31	1.385%	12
Malawi	馬拉威	371	44	153.60	23.22	32	41.402%	1
Burkina Faso	布吉納法	600	42	150.84	22.80	33	25.140%	3
Italy	義大利	36,116	19	143.43	21.68	34	0.397%	37
Uganda	烏干達	487	43	140.02	21.17	35	28.752%	2
Morocco	摩洛哥	3,054	41	138.39	20.92	36	4.531%	4
Hong Kong,	香港	34,457	21	114.63	17.33	37	0.333%	41
Macao, China	澳門	65,550	3	110.81	16.75	38	0.169%	44
South Korea	韓國	22,424	25	100.81	15.24	39	0.450%	35
Taiwan	台灣	20,122	27	61.15	9.24	40	0.304%	43
Armenia	亞美尼亞	3,305	40	56.95	8.61	41	1.723%	7
Iran	伊朗	6,420	39	44.83	6.78	42	0.698%	28

國家或地區 (英文)	國家或地 區 (中文)	平均每人 GDP (美元)		每戶每年自來 水費 (美元)	平均水價 (新台幣/度)		水費負擔率	
		【A】	排名		【B】	【C=Bx	排名	【D=B/Ax
Argentina	阿根廷	10,941	35	37.04	5.60	43	0.339%	40
Mauritius	模里西斯	8,797	36	34.46	5.21	44	0.392%	38
平均		31,855			37.52		3.098%	

◎資料來源及說明：

- (1) 「平均每人 GDP」：台灣係採行政院主計總處全國統計資訊網 2011 年統計資料；其餘各國則採用世界銀行 World Development Indicators Database 2011 年統計資料 (<http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>)。
- (2) 2011 年 12 月 31 日美元對新台幣匯率則採用 IWA 使用之匯率資料 (1USD=30.23358NTD；<http://nl.exchange-rates.org/HistoricalRates/P/USD/31-12-2011>)。
- (3) 「每戶每年自來水費」：係由國際水協會(IWA)於 2012 年 9 月在韓國釜山(Busan)召開雙年會所發布 2011 年世界各國家庭用水戶每年用水 200 立方公尺(度)之水費調查資料。上表「每戶每年自來水費」僅節錄「自來水」有關部分，包括自來水固定費(Fixed Charge)、自來水變動費(Variable Charge)及其他費用(Other Charge Drinking Water)等；污水處理及隨水費徵收如垃圾處理等相關費用則不列入計算。
- (4) 上表台灣統計資料包括台灣自來水公司及臺北自來水事業處。查該兩家自來水事業單位 2011 年度平均水價決算數，台灣自來水公司為 10.90 元/M³；臺北自來水事業處為 8.31 元/M³。

9. SA Water 係公營型態，其主要經濟來源係公部門(包括議會通過)財政挹注，雖其為公營型態，但經洽客服主管表示該公司顧客滿意度近年均維持在 85%左右水準，另內設 AWQC 研究及檢驗部門，不僅接受外部客戶的檢驗申請，善用現有檢驗設備資源並增加收入；另外一方面研究部門亦積極進行國際合作，顯見其放眼世界的視野與格局，本次有幸與其面對面討論，為本公司往後的經營與研發具向上提昇的推昇助力。

10.澳洲因水源不甚充足，良善管理有助解決水處理問題，近來關注議題主要聚焦在水源管理及生物性指標(例如 Algae Toxics, Organic Substances, Bacteria etc.) 影響；另因經濟發展造成廢水(例如氨氮)排放、管末處理對水源的污染潛勢及新興污染物議題 (Contaminants of Emerging Concern, CECs)亦是研究主力。

11. Adelaide Desalination Plant 特色在於建物與地形結合，並遠離群居地點，降低興建阻力及營運期間之環境衝擊(如噪音...)。其內部設施曝露部分均以塑膠袋包覆，主要功能在於保護淡化程序可能因處理用水噴濺造成設備腐蝕，而入廠區需配帶耳塞及全程由現場人員指引等措施，均表示重視工安及管理周延，令人印象深刻。
12. 澳洲地區地廣人稀，降雨不甚充足，尤以參觀 Myponga Reservoir 看見 2014 仲夏大火造成水源保護的森林焚燒遺跡，然而現在已可見小樹徧布，回復原來蓊鬱面貌指日可待，澳方重視水土保持及水源涵養的精神值得借鏡及學習。
13. 澳洲是個「熱情」的民族，此行最大的感動是看見接待方，不論是學界、業界或自來水公司，都竭盡所能提供諮詢，真可謂「知無不言，言無不盡。」也的確讓本報告更有其獨特價值。
14. 建立水質研究架構及與國內外學術界固定溝通平臺：江前宜樺院長提示(103 年行政院第 3405 次院會，行政院秘書長 103 年 7 月 14 日院臺綜字第 1030140940 號函)：「希望所有部會都要設法引進學界的力量，作為政府重要施政之客觀的知識基礎，雖然各部會在政策推動的過程中，會與一些固定的團體進行意見交流，但除了這些與業務直接相關的對象外，各部會也要建立與學術界固定的溝通平臺，由部會首長主動接觸相關政策領域中最值得尊敬、也最能對政府施政提供建言的海內外學者專家，透過餐會、座談會或學術研討各種形式，請他們提供長期所關注議題的意見，讓政策更為周延，並讓整個行政團隊的施政有更堅強的知識基礎，及更長遠的擘劃。」，此論點正是本公司研究業務當即努力的目標與方向，此行與 SA Water 的交流正是落實的起點。
15. 與世界接軌達成水質安全目標：未來水質問題可能會來的既快又猛，如淨水場遭遇原水低濁度難處理案件(濁度 250 NTU 以下)、新興污染物(Contaminants of Emerging Concerns, CECs)及鉛管議

題等狀況，除建立平時各淨水場對緊急水質事件的應變機制外，常態聯結外部諮詢管道(包括國內外專精水處理之學者及業界)，輔以蒐集先進國家或組織規定、作法或科學性論證資料及方法，並參酌環保主管機關水質標準等法令規定，亦同等重要，預期將可提高緊急事件應變能力，持續確保民眾用水安全。

伍、謝誌

有鑑於澳洲位南半球，在 11 月底即為該地暑假旅遊旺季，機位難求，再加上可供聯繫確認行程的時間甚為侷促，此次研習參訪雖然僅短短一星期(含前後飛行時間各一日)，在聯繫及參訪過程無數熱心指導及協助之單位與人員令人感動，未來所有落實推動水安全計畫的成果，將有您們無私的貢獻。以下，請容一一致謝：

經濟部、成功大學張祖恩教授、林財富教授、黃良銘教授、北水處陳曼莉副處長、林河山廠長、中鋼集團周倉榮組長林發恩資深工程師、本公司阮剛猛董事長及本案各業管同仁、**South Australian Water Corporation/Australian Water Quality Centre, SA Water CE and selected Board members**, Dr. John Howard (General Manager, Strategy & Planning), A/Prof. Michael Burch (Senior Manager, Research & Innovation Services), Mr. Steve McMichael (Manager, Network & Production Planning, Operations & Maintenance), Ms. Mary Drikas (Manager Water Treatment & Distribution Research), Ms. Karen Rouse (Manager Source Water & Environment Research), Dr. Chris Chow (Manager Sensors Technology & Asset Research), Dr. Ben van den Akker (Manager Wastewater Research), Dr. Leon van der Linden (Senior Scientist - Model Assessment), Dr. Milena Fernandes (Senior Scientist Marine Science), Dr. Paul Monis (Senior Research Microbiologist), Dr. Andrew Humpage (Senior Scientist Chemical Contaminants), Dr. Daniel Hoeffel (Senior Manager Water Quality & Treatment Strategy), Mr. Phil Adcock (Specialist Research Planning & IP Management), Dr. Tim Kildea (Senior Marine Scientist), Dr. Peter Hobson (Senior Scientist), Ms. Karen Simpson (Senior Manager Laboratory Services, Laboratory Services), Ms. Amanda Mussared (Scientist, Research & Innovation), Mr. Ben Thwaites (Research Scientist Wastewater Research, Research &

Innovation), Prof. Hongyan Li (Research Professor, Research & Innovation), Ms. Lily Hwang (Visiting Researcher, Research & Innovation), Ms. Joanna Chen (Water Systems Optimisation Engineer, Network Operations), Ms. Grace Jennings (Senior Manager Water Security & Supply, Water Supply & Security), Ms. Amber Lang (Manager Improvement & Compliance, Water Quality & Treatment Strategy), Ms. Caroline Auricht (Asset Planner - Networks, Asset Management), Ms. Nirmala Dinesh (Principle Process Engineer Wastewater, Water Quality & Treatment Strategy); **Allwater**, Dr. Jeremy Lucas (Senior Manager Water Quality & Treatment Strategy), Ms. Kylie Hyde (Technology Transfer Manager), Dr. Lionel Ho (Client Liaison Manager); **University of Adelaide**, Associate Professor Justin Brookes (Director, Water Research Centre); **University of South Australia**, Professor Chris Saint (Director: Centre for Water Management and Reuse)

Thank you so much