



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：考察)

**赴新加坡 2015 WasteMet Asia  
Symposium 報告我國廢棄物及資源回  
收現況與展望暨參訪實馬高掩埋場**

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：賴技監瑩瑩、楊技士智閔

派赴國家：新加坡

出國期間：104 年 10 月 21 日至 24 日

報告日期：104 年 11 月



## 摘要

一、計畫名稱：赴新加坡 2015 WasteMet Asia Symposium 報告我國廢棄物及資源回收現況與展望暨參訪實馬高掩埋場

二、出國人員：

行政院環境保護署廢棄物管理處賴技監瑩瑩、楊技士智閔

三、出國日期：104 年 10 月 21 日至 24 日

四、出國行程：

日期	內容	地點
10/21 (三)	1. 啟程，臺灣國際桃園機場至新加坡樟宜國際機場。 2. 討論及安排會議行程。	臺灣—新加坡
10/22 (四)	1. 參與 WasteMet Asia Symposium。 2. 報告我國廢棄物及資源回收現況與展望。 3. 與各國人士交流。	新加坡
10/23 (五)	1. 參訪 Semakau Landfill。 2. 參訪 ECO Special Waste Management Pte Ltd。	新加坡
10/24 (六)	返程，新加坡樟宜國際機場至臺灣桃園國際機場。	新加坡—臺灣

五、報告摘要：

我國廢棄物管理，依廢棄物清理法分為一般廢棄物及事業廢棄物。在一般廢棄物之清理方面，自最初掩埋、焚化乃至於 90 年期間逐步推動資源回收四合一計畫、成立資源回收管理基金管理委員會、推動源頭減量政策、隨袋徵收等工作，迄今成效卓著，全國平均每人每日垃圾清運量自 87 年起已逐年下降，103 年較歷史最高年已減少 63.15%，而垃圾中所含之資源物則逐年下降，垃圾回收率於 103 年已達到 55.59%。事業廢棄物方面，我國分別針對產源、清除與處理機構、再利用機構、境外輸出入機構及最終處置機構等進行各項事業廢棄物管制作業。由於電子相關產業為我國重點產業之一，相關事業廢棄物，例如：電子廢棄物、有

害事業廢棄物等，已為廢棄物管理關注議題，對於新興產業之廢棄物，亦為持續瞭解項目。本次新加坡第 3 屆 WasteMet Asia Symposium 主動邀請環保署報告臺灣之廢棄物及資源回收現況與展望，於本次研討會簡報分享相關經驗，有助我國在環境管理議題上之地位，並透過國際交流瞭解其他國家之管理成效。此外，廢棄物最終去化之議題，均為各國所無法避免之挑戰。環保署曾在西元 2011 年赴新加坡參訪實馬高掩埋場第 1 期工程，獲得相當大的啟發。該掩埋場甫於 2015 年啟用第 2 期工程，並以浮動平臺工程克服海上填埋作業，亦可作為後續辦理相關事務之寶貴經驗，本次參訪並與新加坡國家環境局副主管以上人員及執行單位取得聯絡管道，有利於後續進一步聯繫及瞭解。

## 六、心得與檢討：

- (一) 透過研討會與國外人士交流，我國廢棄物回收及處理政策在國際上確屬前茅，應與環保署在 90 年代積極推動相關政策及宣導措施正面相關。
- (二) 依據廢棄物清理法規定，我國一般廢棄物（家戶垃圾）係由執行機關（即清潔隊）清除、處理，與多數國家交由民間業者收運之方式不同。清潔隊具有公權力，對於廢棄物之分類、回收等政策較有強制力，但營運成本非首要考量，如交由民間業者辦理，雖可達到最佳經濟效益，惟較不易推動相關政策。
- (三) 廚餘等有機性一般廢棄物對多數東南亞國家而言，因未落實源頭分類，需由廢棄物分選廠進行篩分作業，如需達成高分選率則有技術或經濟規模之考量，且有機廢棄物後續處理方式仍有待發展，屬廢棄物管理之挑戰議題。
- (四) 廢棄物源頭分類政策與當地生活環境極度相關。以新加坡為例，因新加坡地狹人稠，多居住於高樓層之集合住宅，廢棄物排出方式係投入建築物管道直接落入低樓層之收集設備，因此民眾多圖方便未落實垃圾分類。
- (五) 新加坡實馬高掩埋場第 1 期工程已使用完畢，開始操作第 2 期工程，其



浮動平臺之施作工法及經驗可供我國相關工程參考。

- (六) 實馬高掩埋場為新加坡唯一掩埋場，預計尚有 20 餘年年限，因此新加坡國家環境局亦關心我國焚化底渣再利用之相關方法。

## 七、建議事項：

- (一) 廢棄物之減量及回收，除依靠政府制定法律及政策外，宜妥善運用市場機制與商業誘因，促使各產業在生產產品或提供服務時，納入資源循環理念。
- (二) 實馬高掩埋場因地質具有黏土層，其上再覆不透水布作為阻漏，有其天然條件。我國辦理類似工程時，宜先以無害、安定之不可燃廢棄物、營建剩餘土石方、清淤及風災土石泥為優先。
- (三) 實馬高掩埋場第 1 期工程係以小區域之分區填埋方式進行，並已使用完畢累積相當經驗，如我國擬辦理類似工程，可先參考其施作方式。此外，已完成使用之第 1 期工程之後續營運及監測結果，以及甫於西元 2015 年開始使用第 2 期工程，均值得進一步瞭解後續情形。



# 目次

壹、 目的.....	1
貳、 過程.....	3
一、 第3屆 WasteMet Asia Symposium .....	3
(一) 組織及目的.....	3
(二) 地點及議程.....	3
(三) 環保署報告「臺灣廢棄物及資源回收現況及展望」.....	6
(四) 聽取研討會其他簡報.....	8
(五) 實廠參訪.....	16
二、 參訪實馬高垃圾掩埋場(Semakau Landfill).....	18
(一) 參訪目的.....	18
(二) 參訪行前聯繫.....	18
(三) 與會人員.....	18
(四) 實馬高島簡介.....	18
(五) 設立目的及背景.....	19
(六) 工程設計.....	20
(七) 營運模式.....	22
(八) 現場參訪.....	24
參、 心得與建議.....	33
一、 心得與檢討.....	33
二、 建議事項.....	33
附件一 WasteMet Asia Symposium 會議手冊 .....	35
附件二 實馬高掩埋場簡報.....	45
附件三 公務出國期間國外人士個人資料彙整表.....	61

## 圖目錄

圖 1 環保署代表出席研討會及新加坡展覽館會場示意圖 .....	5
圖 2 環保署賴技監瑩瑩進行簡報，照片 1 .....	7
圖 3 環保署賴技監瑩瑩進行簡報，照片 2 .....	7
圖 4 建立永續事業的關鍵 .....	9
圖 5 有效調整的五種商業模式 .....	10
圖 6 企業重新思考問題 .....	10
圖 7 競爭型市場政策 .....	13
圖 8 描繪建立永續社會 .....	13
圖 9 電子廢棄物產生情形 .....	14
圖 10 既有延伸生產者責任法規比較 .....	14
圖 11 經濟驅動力之關鍵 .....	15
圖 12 推動電子廢棄物對政府的助益 .....	15
圖 13 ECO SPECIAL WASTE MANAGEMENT 公司地理位置及裕廊工業區示意圖 .....	17
圖 14 實馬高掩埋場地理位置示意圖 .....	19
圖 15 新加坡既有焚化廠及實馬高掩埋場位置示意圖 .....	20
圖 16 實馬高掩埋場場區規劃示意圖 .....	20
圖 17 實馬高掩埋場阻漏設施示意圖 .....	22
圖 18 2000 年實馬高掩埋場衛星照片 .....	25
圖 19 2001 年實馬高掩埋場衛星照片 .....	25
圖 20 2008 年實馬高掩埋場衛星照片 .....	26
圖 21 2012 年實馬高掩埋場衛星照片 .....	26
圖 22 2015 年實馬高掩埋場衛星照片 .....	27
圖 23 實馬高掩埋場控制中心 .....	27
圖 24 與新加坡黃副處長交換紀念品 .....	28
圖 25 與新加坡國家環境局交流簡報情形 .....	28
圖 26 接駁船將焚化底渣抓取上岸示意圖 .....	29
圖 27 污水處理廠 .....	29
圖 28 第 2 期工程浮動平臺 .....	30
圖 29 浮動平臺自堤岸延伸示意圖 .....	30
圖 30 自堤岸觀察浮動平臺 .....	31
圖 31 與會人員於浮動平臺前合影 .....	31
圖 32 焚化底渣 .....	32

## 表目錄

表 1 研討會議程 .....	3
表 2 海水監測項目及排放標準 .....	22
表 3 實馬高掩埋場進場情形 .....	23
表 4 新加坡 TCLP 項目及標準.....	23



# 本文

## 壹、目的

本此出國行程中，包括參與 WasteMet Asia Symposium 並於會議中報告我國廢棄物及資源回收現況與展望；另與新加坡國家環境局洽排參訪實馬高掩埋場。

WasteMet Asia Symposium 研討會係由 Waste Management & Recycling Association of Singapore(WMRAS)、SingEx Exhibition 及第三屆 WasteMet Asia(WMA) 組成。目的在建構廢棄物管理及再利用領域之中，商業領導者、政策制定者、技術研發者、企業解決方案以及企業新秀之平台。環保署獲此機會受邀於會中報告我國卓越之廢棄物及資源回收現況，有助開拓我國環保領域之能見度，並與其他國家交換廢棄物管理經驗。

環保署曾於西元 2011 年參訪新加坡實馬高掩埋場第 1 期工程，迄今第一段工程已完成使用，第 2 期工程於本年度開始營運。藉由參訪實馬高掩埋場，期能瞭解最新操作營運情形、施工工法等情形，為我國未來辦理類似事務獲取第一手寶貴資料。此外，與新加坡國家環境局之副主管以上人員建立聯繫管道，有助於推動相關廢棄物管理國際事務。





## 貳、過程

本次參訪行程分為二部分，104年10月22日參與研討會，10月23日上午參訪實馬高掩埋場，同日下午參與研討會之實場參觀行程，分別說明如後。

### 一、第3屆 WasteMet Asia Symposium

#### (一) 組織及目的

本次研討會由 Waste Management & Recycling Association of Singapore(WMRAS)、SingEx Exhibition 及第三屆 WasteMet Asia(WMA)組成。目的在建構廢棄物管理及再利用領域之中，商業領導者、政策制定者、技術研發者、企業解決方案以及企業新秀之平台。

本次會議執行小組(executive panel)成員包括(1)印尼環境及森林部固體廢棄物有害廢棄物及有害物質管理秘書長(Secretary of Director General of Solid Waste, Hazardous Waste and Hazardous Substances Management, Ministry of Environment and Forestry)；(2)印度國家固體廢棄物協會會長(Founder and President, National Solid Waste Association of India)；(3)菲律賓固體廢棄物協會(President, Solid Waste Association of Philippines)；(4)埃森哲諮詢公司東協區域管理主管(Managing Director - Strategy & Sustainability, ASEAN, Accenture)。

#### (二) 地點及議程

會議地點：新加坡展覽館 Singapore Expo

會議議程：如表 1。

表 1 研討會議程

Day One 10/22	
9.00am	<b>Opening Remarks</b>
9.05am	<b>Welcome Address</b> <i>Melissa Tan, Chairman, Waste Management &amp; Recycling Association of Singapore (WMRAS), Singapore</i> <i>Aloysius Arlando, CEO, SingEx Holdings, Singapore</i>
9.15am	<b>Opening address by Guest of Honour</b>
9.30am	<b>Memorandum of Understanding Signing Ceremony</b>
10.00am	<b>Morning Refreshments</b>

<b>Day One 10/22</b>		
10.45am	<b>Keynote Address: Sustainability and What It Means for Businesses Today?</b> <i>Ynse de Boer, Managing Director - Strategy &amp; Sustainability, ASEAN, Accenture</i>	
11.15am	<b>Executive Panel: Waste Management in Emerging Markets: Issues, Challenges and Opportunities</b>  <b>Ade Palguna R</b> , <i>Secretary of Director General of Solid Waste, Hazardous Waste and Hazardous Substances Management, Ministry of Environment and Forestry, Indonesia</i>  <b>Dr Amiya Sahu</b> , <i>PhD, Founder and President, National Solid Waste Association of India, India</i>  <b>Grace Sapuay</b> , <i>President, Solid Waste Association of Philippines, Philippines</i>  <b>Moderated by: Ynse de Boer</b>	
1.30pm	<b>Track A</b> <b>Domestic Waste &amp; Recycling</b>	<b>Track B</b> <b>Industrial Waste</b>
	<b>Household Recycling: Perspective from Taiwan</b>	<b>Innovations in Management of Hazardous Waste and Industrial Waste Heat</b>
2.00pm	<b>Food waste in India</b>  <b>Dr Amiya Kumar Sahu</b> , <i>PhD, Founder and President, National Solid Waste Association of India, India</i>	<b>Chemical Waste: Perspective from ECO Special Waste Management</b>  <b>Vincent Tang</b> , <i>Director of Innovation and Assurance, ECO Special Waste Management, Singapore</i>
2.30pm	<b>RENEW: Engaging the Community to Recycle e-Waste.</b>  <b>Adam Reutens-Tan</b> , <i>Senior Manager, CSR, StarHub, Singapore</i>	<b>Create Sustainable Societies by Reducing, Reusing and Recycling Waste</b>  <b>Dr Euan Low</b> , <i>Infrastructure</i>

Day One 10/22		
		<i>Advisory Services Director, Mott Macdonald, Singapore</i>
3.00pm	<b>Special Sharing Session: Waste2wear Recycling Story Using PET</b>  <i>Jaimie Lim, Director, Waste2Wear, Singapore</i>	<b>How to Handle the Growing e-Waste Challenge in Asia?</b>  <i>Patrick Wiedemann, CEO, Reverse Logistics Group, Germany</i>
3.15pm	<b>Special Sharing Session: Citizen of the Earth</b> A special sharing session by a Singaporean celebrity. <i>Edmund Chen, Actor, Author and Producer, Singapore</i>	
3.30pm	<b>Business Matching Session &amp; Afternoon Refreshments</b>	
5.30pm	<b>Pre-Dinner Networking Cocktail</b>	
6.00pm	<b>WasteMET Asia Industry Awards Dinner featuring 3R Packaging Awards</b>	



圖 1 環保署代表出席研討會及新加坡展覽館會場示意圖

### (三) 環保署報告「臺灣廢棄物及資源回收現況及展望」

環保署廢棄物管理處賴技監瑩瑩以「Household Recycling: Perspective from Taiwan」為題，介紹我國廢棄物處理沿革以及推動資源回收之歷程。我國自民國 90 年代推動資源回收政策，修正廢棄物清理法給予資源回收明確的法律授權，嗣後成立資源回收管理基金管理委員會致力於辦理延伸生產者責任 (Extended Producers Responsibility, EPR)、四合一回收制度、推動源頭減量政策、隨袋徵收等工作等，資源回收已深植臺灣民眾價值觀，全國平均每人每日垃圾清運量自 87 年起已逐年下降，103 年較歷史最高年已減少 63.15%，而垃圾中所含之資源物則逐年下降，垃圾回收率於 103 年已達到 55.59%。成功之關鍵包括，設立回收基金、回收系統完整、提供民眾經濟誘因、維持回收市場利潤、公眾教育。事業廢棄物方面，我國分別針對產源、清除與處理機構、再利用機構、境外輸出入機構及最終處置機構等進行各項事業廢棄物管制作業。面對未來，我國廢棄物管理的挑戰與展望包括，城市採礦(urban mining)、搖籃到搖籃 (cradle to cradle)、廢棄物最終掩埋需求、永續物質管理等，期透過 5R 概念推動，逐步達成各項目標。

因國外垃圾收集、清運多委託民間公司執行，後續需再將垃圾分選分類，此向為影響資源回收率之一環。因此，與相關人士紛詢我國垃圾分類之執行方法與現況。其中我國建立落實 EPR 制度，以及長期環境教育促使民眾自發配合垃圾分類，令我國擁有領先國際之廢棄物管理制度及成果。



圖 2 環保署賴技監瑩瑩進行簡報，照片 1

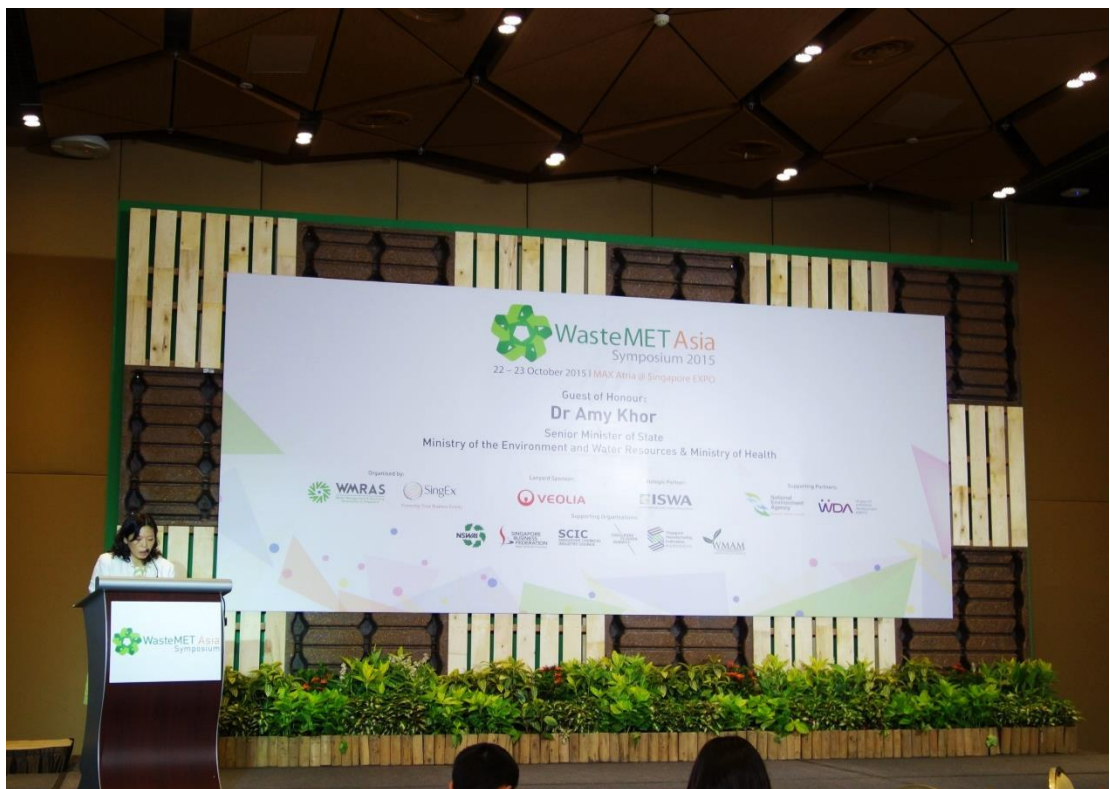


圖 3 環保署賴技監瑩瑩進行簡報，照片 2

#### (四) 聽取研討會其他簡報

本次研討會未發放紙本資料，且講者多為企業代表，簡報除現場播放以外，不提供他人索取，因此無法取得完整簡報檔案，僅能做成現場摘要紀錄。另因 10 月 21 日下午同時在不同講廳召開都市廢棄物及產業廢棄物相關簡報，僅能擇一列席；又 10 月 22 日上午環保署趕赴實馬高垃圾掩埋場(Semakau Landfill) 參訪，未參加該日上午議程。

首場由埃森哲諮詢公司東協區域管理主管針對「永續，對現今企業經營意義為何？(Sustainability and What It Means for Businesses Today?)」主題簡報，其中比較了廢棄物在「線性經濟(linear economy)」及「循環經濟(circular economy)」的差異。在線性經濟中，廢棄物被當做消耗性、被使用或未充分利用其價值，但在循環經濟中，除非沒有剩餘價值才會稱為廢棄物。因此認為循環經濟才是企業永續經營的關鍵。(圖 3~圖 5)

又循環經濟在商業運作中，有 5 種商業模式，包括重新設計(redesign)、循環供應鏈(circular supply chain)、分享平臺(sharing platform)、產品生命延長(production life extension)、服務替代產品(products as services)，簡介如下：

- 重新設計(redesign)：以通用汽車公司(G.M. corp.)為例，該公司重新設計車體等零件，成功回收 84%廢棄物，減少 1,000 萬公噸二氧化碳排放量。
- 循環供應鏈(circular supply chain)：BMW 公司已逐步建立汽車零件之循環利用系統並建立供應鏈體系，以兼顧成本及環境管理責任。
- 分享平臺(sharing platform)：例如 Uber 計程車服務等共乘或其他分享概念，有效利用既有但閒置的資產，創造最大效益及效率。
- 產品生命延長(production life extension)：延長產品生命週期，減少廢棄物產生。
- 服務替代產品 (products as services)：例如米其林輪胎公司 (Compagnie Générale des Établissements Michelin)由原本販售輪胎予使用者，改為提供輪胎「里程」服務，有效回收舊輪胎並進行後續再利用。



最後提供企業一些重新思考的重點，包括：

- 當各個企業逐漸從混雜廢棄物中分離並宣稱這些廢棄物屬於他們所有一你的公司是否已經暴露在風險之下？
- 企業將開始建立自身收集與運用廢棄物價值之能力—身為經營者，你如何提供你的服務？
- 完全未使用過的物料越來越稀有，物料回收使用市場逐漸抬頭—身為經營者，你在未來市場中的角色為何？
- 投資與資產將有基礎相關性—身為經營者，你如何運用既有資產創造收入，以及將擱淺資產(stranded assets)了結的風險為何？

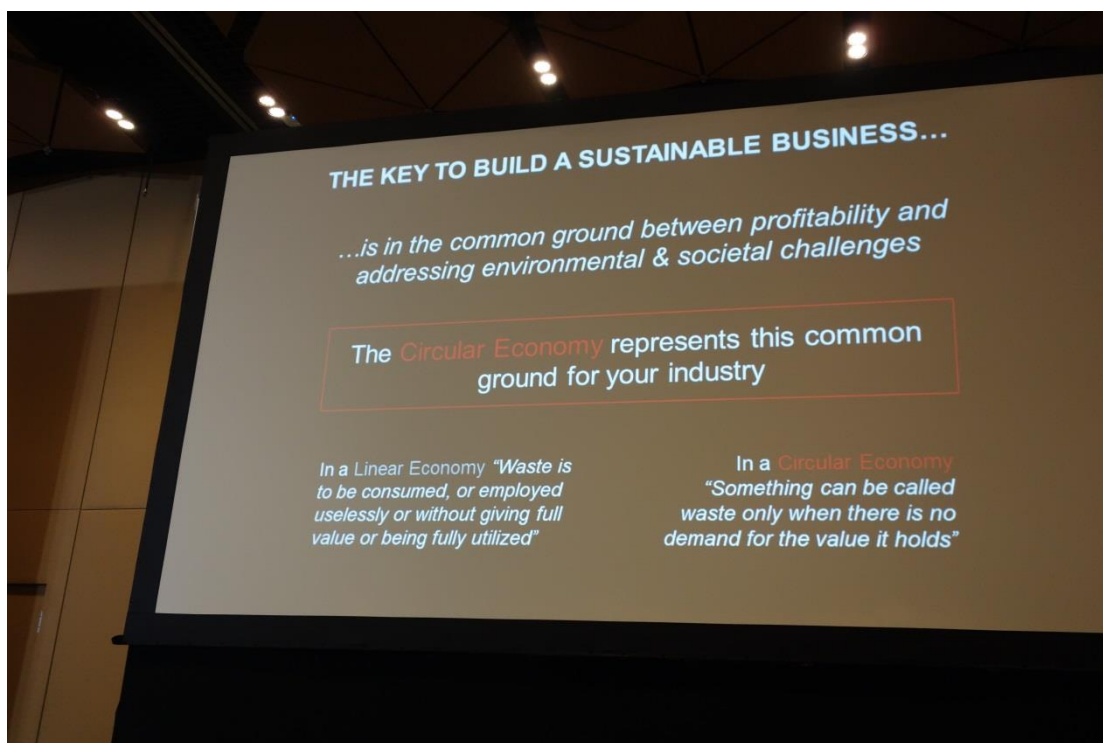


圖 4 建立永續事業的關鍵

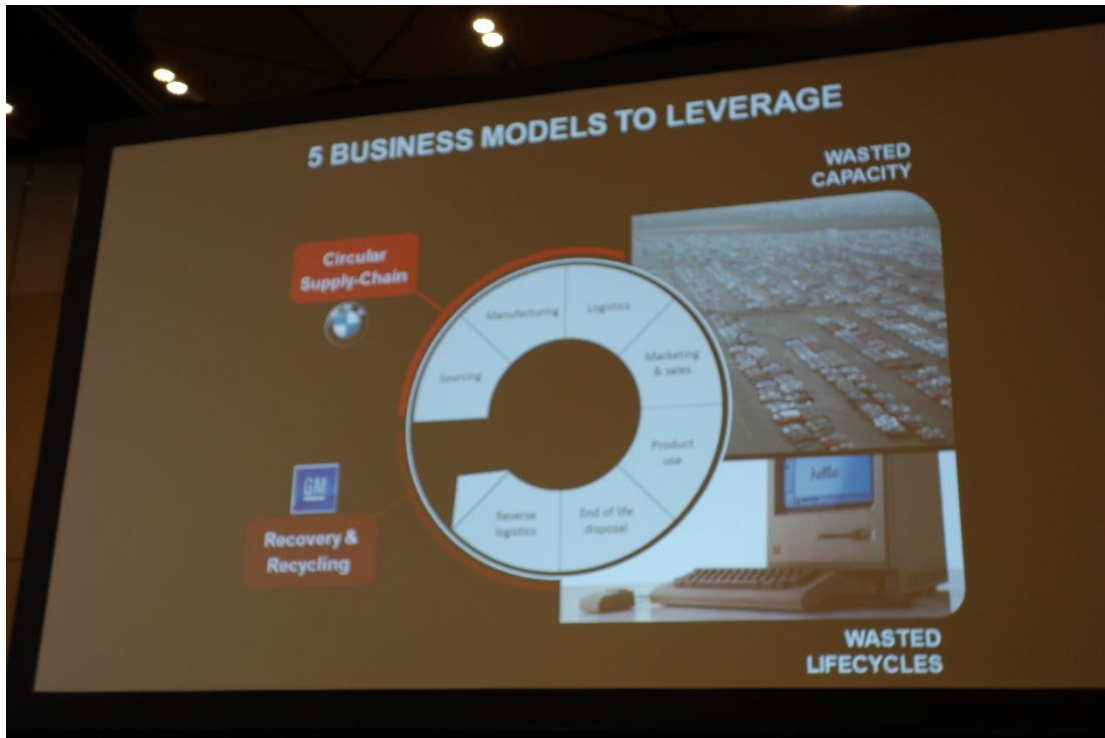


圖 5 有效調整的五種商業模式

- ### SOME QUESTIONS TO CONSIDER:
- As companies start to claim their own waste, one waste fraction after another may be eliminated from your waste mix – *How exposed are you to risks like these?*
  - Companies will need new capabilities to collect and realize embedded values in their waste streams – *How well is your business positioned to provide services in this field?*
  - As virgin material become more scarce, the demand for used material on the market increases – *What could be your role in future markets like these?*
  - New investments and assets will be essential to stay relevant – *How can your current assets generate new revenue streams and what is the risk of ending up with stranded assets?*
- 20

圖 6 企業重新思考問題



另一場次簡報，由德國 Reverse Logistics Group<sup>1</sup>執行長 Patrick Wiedemann 簡報「如何面對控制亞洲逐漸增加的電子廢棄物挑戰？(How to handle the growing e-waste challenge in Asia?)」。本報告係以企業經營角度，分析市場、企業及政府政策之可行運作模式，以利有效降低電子廢棄物之衝擊。(圖 6~圖 11)

簡報資料顯示，電子廢棄物之產生量，在歐洲每年 1,160 萬公噸，美洲每年 1,170 萬公噸、亞洲每年 1,600 萬公噸、非洲每年 190 萬公噸，預估 2018 年全球電子廢棄物將達 5,000 萬公噸。幸而在歐洲地區，政府已建立「消費者—回收者—處理者」的體系，但在中國等亞洲地區，電子廢棄物的流向尚在「消費者—非正式回收者—非正式處理者」的體系之中，處理者取得有利用價值部分後，剩餘部分則隨意棄置。

為建立競爭型市場，在政策面可藉由(1)政府規範、(2)監測及報告、(3)反應掩埋真實成本、(4)打擊非法棄置、(5)建立廢棄物越境轉移議定等方式。

建立永續型社會可由以下四者依序向後發生影響，並可描述如下：

- 顧客：聰明的顧客懂得購買選擇可發生不同的整體結果；
- 政策制定者：在落實法規及監控之下，提供具有吸引力的投資環境；
- 廢棄物產生者：具有將廢棄物永續再利用並控制合理成本之能力；
- 契約廠商<sup>2</sup>：具有確實依法令及契約執行之能力。

簡報比較目前存在的「延伸生產者責任(extended producer responsibility)<sup>3</sup>」，以歐洲及美國的規範為例。

在歐洲，延伸生產者責任的管理包括：

- 涵蓋所有電子電器生產者；
- 所有區域規定趨於一致；
- 規定的收集方法係考量效率及成本而建立；
- 以競爭帶動效率。

在美國，延伸生產者責任的管理概念：

---

<sup>1</sup><http://www.rev-log.com/>

<sup>2</sup>按上下文似指具有廢棄物清理技術能力並與事業簽訂契約者。

<sup>3</sup>我國已於廢棄物清理法第 16 條納入延伸生產者責任制度，並成立資源回收管理基金管理委員會。

- 僅涵蓋部分產品；
- 有限的收集方法；
- 各區域規範不一致。

講者認為，由經濟學的角度看電子廢棄物回收的關鍵驅動力，在於：

- 回收網路的複雜度及成本；
- 逆向回收產品的年份及狀況；
- 混雜的逆向回收產品；
- 回收產品整修翻新、取得部分零件或回收之中可獲得之效益；
- 完善的數據蒐集分析，是增進供應鍊成長及顧客消費知識的關鍵。

以經濟方法推動電子廢棄物之回收，對於政府有下列助益：

- 確保效率及持續性的改善；
- 有效的循環經濟內涵連結適當法令，可透過經濟方法達到環境目標；
- 減少廢棄物最終處理成本；
- 成本完整透明化，可驅使產品的物料再使用及再利用創新。
- 工業的封閉循環結構，可整合並將非目前的正式回收管道予以制度化。



圖 7 競爭型市場政策

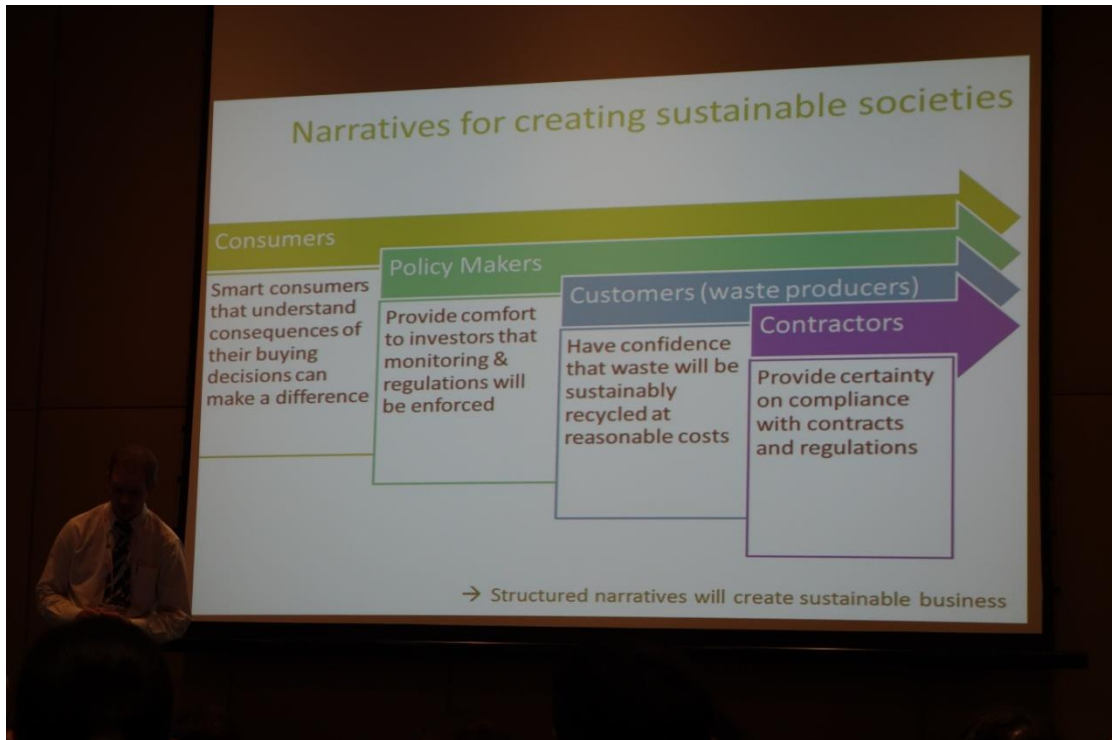


圖 8 描繪建立永續社會



圖 9 電子廢棄物產生情形

*Return to Value*

**RLG**  
REVERSE LOGISTICS GROUP

**Comparison of existing regulations and concepts**

- Extended Producer Responsibility Europe**
  - Covering all electrical and electronics products separated in product groups
  - Full regional coverage
  - Regulating collective schemes in various structures with different efficiency outcome and cost levels
  - Competition (depending on structure) drives efficiency
- Extended Producer Responsibility USA**
  - Covering certain products only (product catalog) without product groups
  - Few collective schemes schematics
  - Low regional coverage

© Reverse Logistics Group 2015 | October 22, 2015 | 14

圖 10 既有延伸生產者責任法規比較

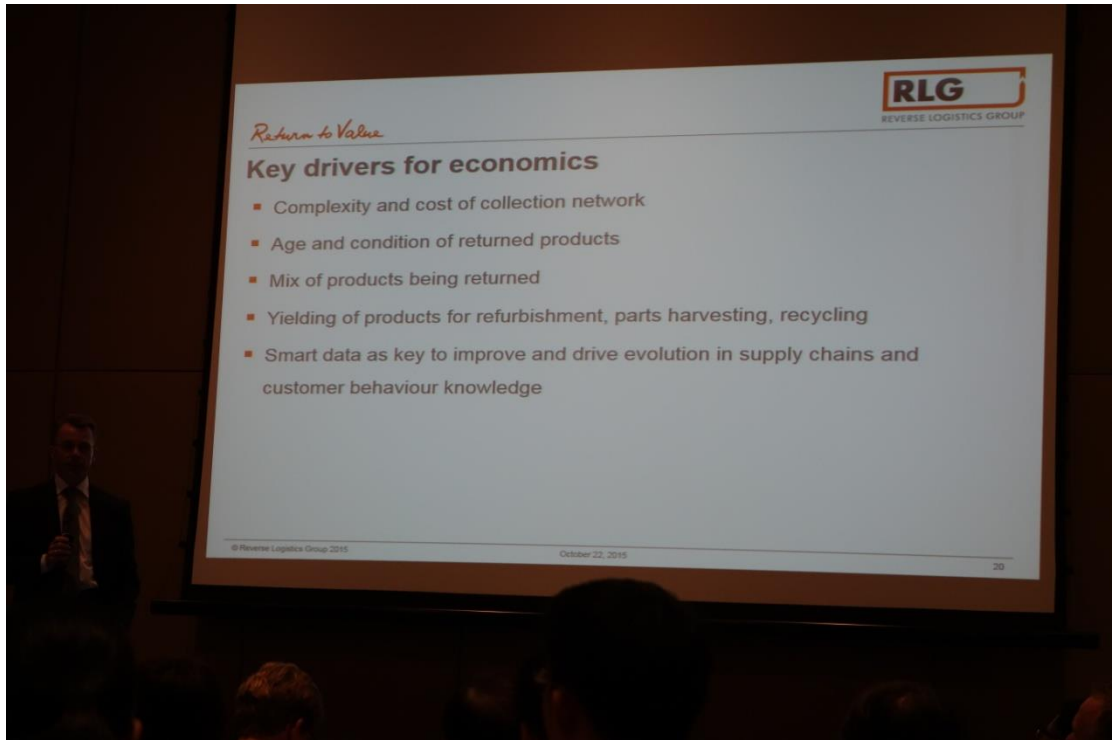


圖 11 經濟驅動力之關鍵

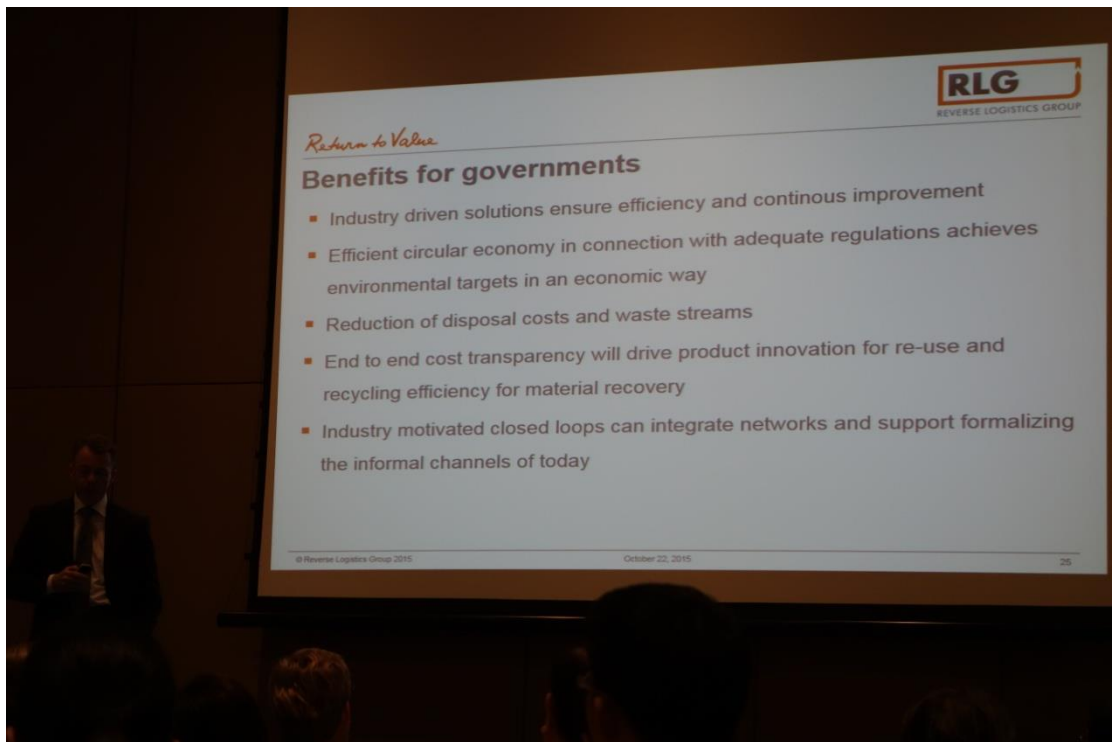


圖 12 推動電子廢棄物對政府的助益

## (五) 實廠參訪

本次研討會第 2 天(10 月 23 日)下午參訪 ECO Special Waste Management Pte Ltd。該公司位於新加坡裕廊工業區內(圖 12)，由 Singapore EXPO 搭乘專車約 1.5 小時車程，抵達時約下午 3 時，囿於該公司政策，不開放攝影，因此僅得描述現場情形。

據 ECO Special Waste Management 公司網頁資料，該公司為取得新加坡國家環境局(NEA)許可之毒性廢棄物收集、處理及再利用業者，並取得 ISO 14001 環境管理認證。佔地約 7 公頃，廠內由 9 個主要處理及再利用之設施組成，擁有超過 30 輛清運車輛及 200 餘輛罐式槽車。

現場分為 3 組不同路線參訪，本組參訪路線為：旋轉窯—旋轉窯控制中心—污泥乾燥設備—行政及檢驗室。

1. 旋轉窯：該旋轉窯包括進料系統、旋轉窯主體、第 2 燃燒室、氣體冷凝設備、噴注設備等單元，為傳統成熟之設計方式。窯主體目測長約 15 公尺、直徑約 3 公尺以上，處理容量約每日 120 公噸，採 24 小時操作，每年歲修 2 週。爐體溫度約 1100°C，氣壓約-100Pa。處理廢棄物種類包括來自工業區之有機溶劑、污泥等，並且視廢棄物熱值彈性調整投入廢棄物項目。
2. 旋轉窯控制中心：控制中心內採電子控制，依設備單元佈設不同偵測器，包括計量器、空氣壓力偵測器、攝影機、空氣污染物線上偵測器等。
3. 污泥乾燥區：污泥乾燥區具有 6 條產線，利用旋轉窯尾氣溫度進行旋轉爐式乾燥。污泥乾燥後送至旋轉窯處理。
4. 行政及檢驗室：依據新加坡國家環境局規定，處理業需上網申報收受及處理廢棄物情形；另該公司收受廢棄物時，亦會進行檢測，檢測目的包括瞭解廢棄物性質，並且可以決定處理或再利用方式。此外，經口頭詢問，在新加坡廢棄物法規中，將再利用(recovery)含括於處理(treatment)項目中，故為同一執照，此與我國廢棄物清理法分別規定處理及再利用資格或許可之方式不同。



圖 13 ECO Special Waste Management 公司地理位置及裕廊工業區示意圖



## 二、參訪實馬高垃圾掩埋場(Semakau Landfill)

### (一) 參訪目的

環保署曾於 2011 年由張副署長子敬率領廢管處等相關單位參訪實馬高掩埋場，透過該次交流已初步瞭解該場設置及營運情形。當時（2011 年）係第 1 期掩埋工程尚在營運中，迄今已歷 4 年，第 1 期工程已大致使用完畢。本次主要參訪第 1 期場址完工情形以及第 2 期工程營運情形。另環保署報告目前既定之臺北港開發工程，可能收容安定營建廢棄物取代抽砂填海，期透過與會人員深度討論獲得實務寶貴經驗。

### (二) 參訪行前聯繫

因實馬高島垃圾掩埋場為管制地區，如需參訪均需事先向管理單位申請。故於出發前，以電子郵件向國家環境局資深經理 Mr. Ong 聯繫安排。

### (三) 與會人員

環保署：賴技監瑩瑩、楊技士智閔

新加坡國家環境局：廢棄物及資源管理處(Waste & Resource Management Department) 黃副處長(Deputy Director Huat)、實馬高掩埋場資深經理王先生(Senior Manager Ong)等 4 人。

### (四) 實馬高島簡介

實馬高島由舊實馬高島和錫京島銜接組成，由新加坡本島碼頭航程約 7 公里（圖 13）。掩埋場利用既有天然環礁為基礎，聯結舊實馬高島和錫京島建築 7 公里護岸，未興建掩埋場前作為新加坡港浚渫港區及航道之土方棄置。1995 年由新加坡政府開始動工興建海岸外掩埋場，其工程主要利用填築砂土作為圍堤堤心材料。總共分為二期工程，共 350 公頃，總容量為 6,300 萬立方公尺，於 1999 年 4 月 1 日正式啟用。



## (五) 設立目的及背景

新加坡與其他國家相同，在廢棄物管理歷史中，曾歷經環境污染、開闢掩埋場等過程。自 1979 年起設立垃圾焚化廠，目前既有 4 座焚化廠，分別設置於北岸 1 座，西岸 3 座。新加坡每日廢棄物產出量約 20,590 公噸，其中有 60% 回收再利用、38% 焚化處理、2% 不可燃廢棄物以掩埋處理。其中焚化處理每日約產生 2,000 公噸底渣。由於新加坡最終掩埋土地不足，於 1990 年起營運實馬高掩埋場，分為 2 階段營運，預計可使用約 40 年。(圖 14、15)

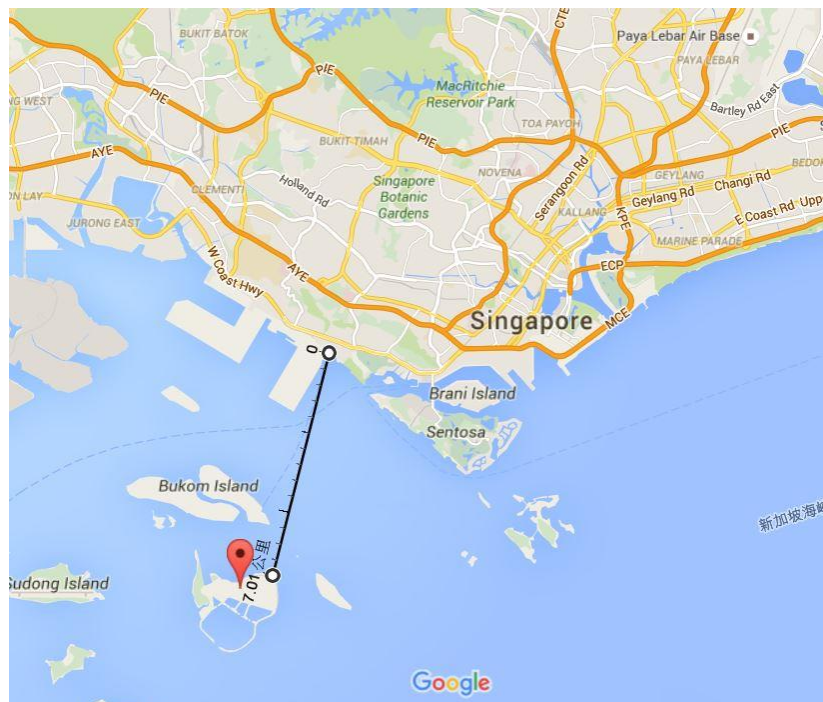


圖 14 實馬高掩埋場地理位置示意圖



圖 15 新加坡既有焚化廠及實馬高掩埋場位置示意圖

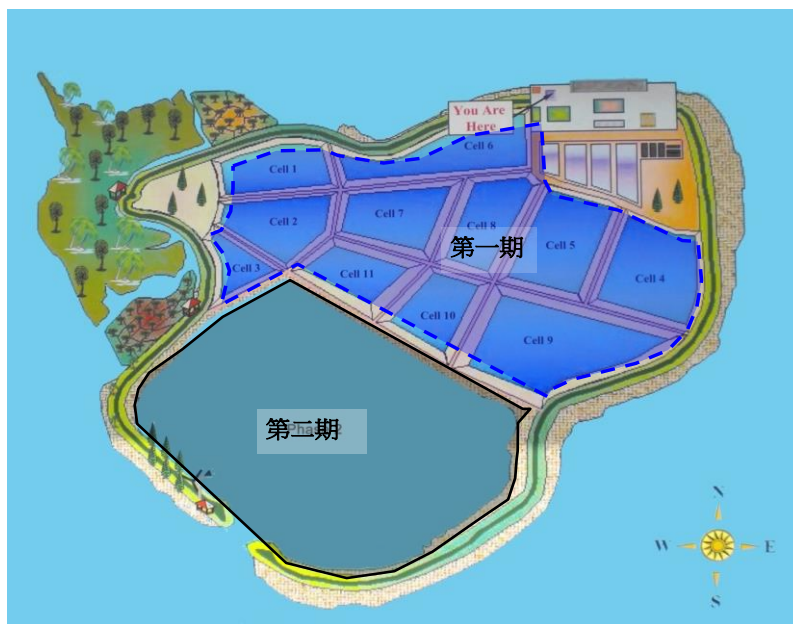


圖 16 實馬高掩埋場場區規劃示意圖

## (六) 工程設計

### 1. 第 1 期工程

第 1 期工程自 1999 年起營運，投入成本約 6 億 1,000 萬新加坡幣，面積約 350 公頃，容量 6,300 萬立方公尺，共有 11 個掩埋單元，已於 2015 年使用完畢，目前留下少許面積未填埋作為彈性調度。歷年衛星照片摘錄自 Google

Earth 如圖 17~圖 21。

## 2. 第 2 期工程（增設浮動平臺）

第 2 期於 2015 年 3 月 5 日完工啟用，面積 157 公頃，容量 1,670 萬立方公尺，為整體單一掩埋單元。相較於第 1 期工程以 11 個小單元設計，傾倒作業離堤岸較遠，因此重新設計傾倒浮動平臺。由 5 座浮動平臺組成長 200 公尺、寬 20 公尺，自堤岸向水面延伸，可容許機具車輛直接駛入執行傾倒作業，當逐漸填埋至海平面下 2 公尺後，即可使用一般的填埋方式，此為工程上之成功案例。

## 3. 阻漏設施

填埋場側之海堤坡面全面鋪設單層滲透性極低、比重大於水之 EIA-RCF (Ethylene Interpolymer alloy)防滲膜，並延長至填埋場底部，上方再覆以 1m 厚黏土層壓重(濕式法施工)，作為側面防滲措施；而填埋場底部之阻漏則以天然坩土及黏土作為不透水層(深度最深至 10m， $K < 10^{-8} \text{cm/s}$ )組成封閉區域，除透過地質條件防止污染流出堤外海域，堤外較高水壓亦得協助阻擋滲漏。(圖 16)

## 4. 海堤工程

由於海象條件佳，且非處地震帶，其護岸採斜坡式沙心堤，外層再吊掛花崗岩塊石保護。

## 5. 污水監測

填埋前先將區內海水儘可能抽乾，再以卡車直接傾倒進行填埋。填埋作業完成後，於上方進行覆土，並由推土機碾平夯實。而其場址附近設置多處監測井，且每月定期進行海水水質採樣監測，監測項目與排出標準如表 2。

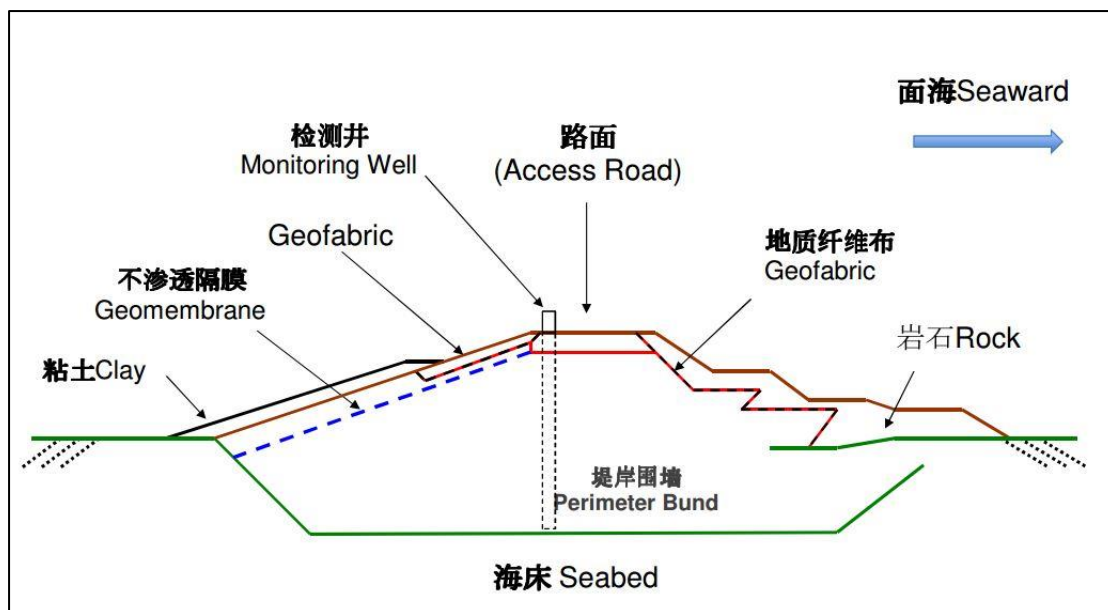


圖 17 實馬高掩埋場阻漏設施示意圖

表 2 海水監測項目及排放標準

檢測方法: AP 公頃 -AWWA-WEF ,21st edition 2005			
監測項目	排出標準	監測項目	排出標準
溫度 (°C)	45	Cr(mg/L)	1
透視度	-	Cu(mg/L)	0.1
pH 值	6-9	Pb(mg/L)	0.1
化學需氧量(ppm)	100	Hg(mg/L)	0.05
SS(ppm)	50	Ni(mg/L)	1
濁度 (NTU)	-	Se(mg/L)	0.5
鹽度 (ppt)	-	Ag(mg/L)	0.1
導電度 (mS/cm)	-	Zn(mg/L)	1
溶氧(ppm)	-	總金屬含量(mg/L)	1
Cd(mg/L)	0.1		

## (七) 營運模式

實馬高掩埋場之營運方式，本署於 2011 年 9 月 18 日至 21 日參訪時已獲得相關資料，並撰寫「赴新加坡參訪填海造島設施」出國考察報告。其營運方式並無太大改變，謹摘錄重點如下。

該掩埋場由國家環境局(NEA)，負責整體統籌、規劃、後續監督營運及管理。後續監督營運及管理之部份，由國家環境局委託廠商代操作營運，其權責劃分類似我國公有民營焚化廠。

實馬高島營運流程可分為進場標準檢測、基地接收、船舶轉運及海上填埋作業等階段。接收物質組成如表所示，包含不可燃廢棄物、焚化底渣，且皆須符合該國 TCLP 標準(如表 3)，不適燃廢棄物申請第一次進場會進行定性檢測(如臭味、顏色、外觀等)，之後則採抽測方式進行。

表 3 實馬高掩埋場進場情形

項目	進場數量	組成
不可燃廢棄物	500 噸/日	85%為製造業、電廠與工業廢棄物處理廠所產生之污泥與灰
		15%為營造業、海事及其他工業活動所產生之多種類、不可燃且無法回收之廢棄物
焚化灰渣	1,700 噸/日	未經處理之飛灰與底渣混合物

表 4 新加坡 TCLP 項目及標準

項目	溶出標準(mg/L)
汞及其化合物(總汞)	0.2
鎘及其化合物(總鎘)	1
硒及其化合物(總硒)	1
鉛及其他化合物(總鉛)	5
鉻及其化合物(總鉻)(不包含製造或使用動物皮革程序所產生之廢皮粉、皮屑及皮塊)	5
砷及其化合物(總砷)	5
銀及其化合物(總銀)(僅限攝影沖洗及照相製版廢液)	5
銅及其化合物(總銅)(僅限廢觸媒、集塵灰、廢液、污泥、濾材、焚化飛灰或底渣)	100
鋇及其化合物(總鋇)	100
氰化物	10
氟化物	150
鐵	100
錳	50
鎳	5
總酚	0.2
鋅	100

## (八) 現場參訪

現場參訪係以乘坐廂型車方式導覽。由控制中心出發，經過接駁船將焚化底渣上岸之廠房，再循外環道路逆時針行駛。首先左側為第 1 期工程，因多已完成覆土，表面生長雜草樹木，因此外觀上為普通土丘貌。行經第 2 期工程位址，因已將南側唯一海水出入口封閉，目視上已成為內陸水體，且營運不久，除浮動平臺附近以外，無明顯廢棄物填埋痕跡。

浮動平臺係第 2 期工程最具特殊及代表性之設備，故於平臺前停車以利近距離觀察。據說明，平臺由 5 組浮力設備組成，上覆鐵板供車輛機具進行廢棄物傾倒作業。平臺自堤岸延伸，單側具有 12 個廢棄物傾倒匣口，雙側共有 24 個傾倒匣口，平臺上直柱向下插入至水下廢棄物頂面，標示深度達 18 公尺，因此離岸越遠者突出水面部分越短。此外，於附近路面亦可觀察到焚化底渣，因為係由焚化廠直接運抵掩埋，明顯可見不可燃物之殘存部分，粒徑並不均勻，約在 10 公分以內，且未經水洗仍有些許異味。



圖 18 2000 年實馬高掩埋場衛星照片



圖 19 2001 年實馬高掩埋場衛星照片





圖 20 2008 年實馬高掩埋場衛星照片



圖 21 2012 年實馬高掩埋場衛星照片



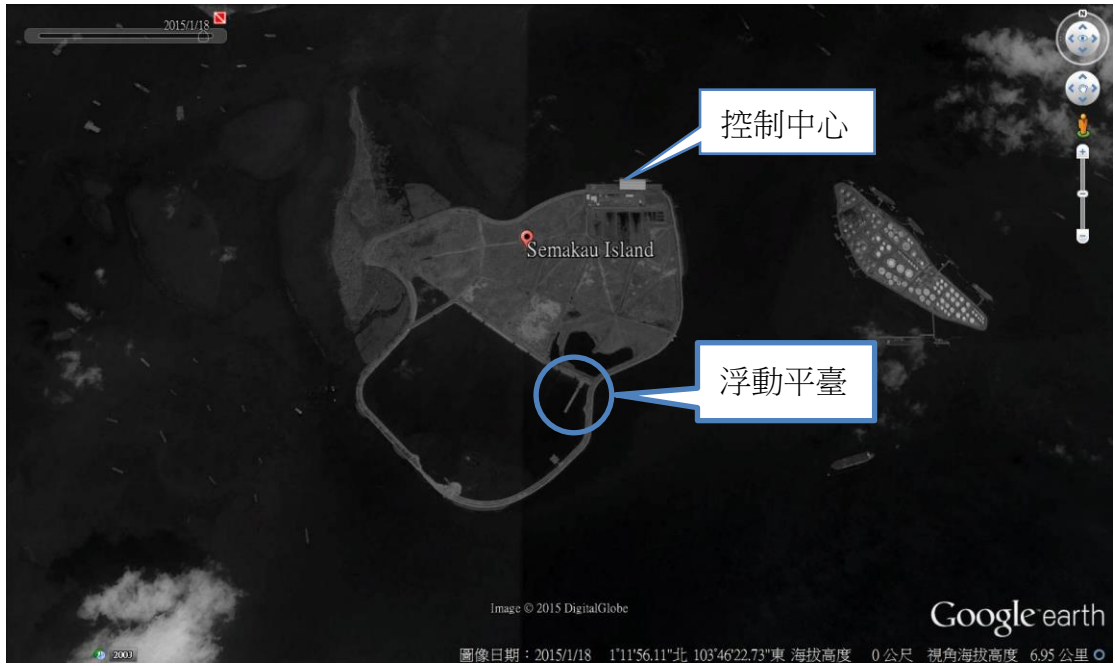


圖 22 2015 年實馬高掩埋場衛星照片



圖 23 實馬高掩埋場控制中心



圖 24 與新加坡黃副處長交換紀念品



圖 25 與新加坡國家環境局交流簡報情形





圖 26 接駁船將焚化底渣抓取上岸示意圖



圖 27 污水處理廠



圖 28 第 2 期工程浮動平臺



圖 29 浮動平臺自堤岸延伸示意圖





圖 30 自堤岸觀察浮動平臺



圖 31 與會人員於浮動平臺前合影



圖 32 焚化底渣

## 參、心得與建議

### 一、心得與檢討

本次參加研討會以及參訪實馬高掩埋場，心得與檢討如下：

- (一) 透過研討會與國外人士交流，我國廢棄物回收及處理政策在國際上確屬前茅，應與環保署在 90 年代積極推動相關政策及宣導措施正面相關。
- (二) 依據廢棄物清理法規定，我國之一般廢棄物（家戶垃圾）係由執行機關（即清潔隊）清除、處理，與多數國家交由民間業者收運之方式不同。清潔隊具有公權力，對於廢棄物之分類、回收等政策較有強制力，但營運成本非首要考量，如交由民間業者辦理，雖可達到最佳經濟效益，惟較不易推動相關政策。
- (三) 廚餘等有機性一般廢棄物對多數東南亞國家而言，咎於未落實源頭分類，需由廢棄物分選廠進行篩分作業，如需達成高分選率則有技術或經濟規模之考量，且有機廢棄物後續處理方式仍有待發展，屬廢棄物管理之挑戰議題。
- (四) 廢棄物源頭分類政策與當地生活環境極度相關。以新加坡為例，因新加坡地狹人稠，多居住於高樓層集合住宅，廢棄物排出方式係投入建築物內輸送甬道直接落入低樓層之收集設備，因此民眾多圖方便未落實垃圾分類。
- (五) 新加坡實馬高掩埋場第 1 期工程已使用完畢，開始操作第 2 期工程，其浮動平臺之施作工法及經驗可供我國相關工程參考。
- (六) 實馬高掩埋場為新加坡唯一掩埋場，預計尚有 20 餘年年限，因此新加坡國家環境局亦關心我國焚化底渣再利用之相關方法。

### 二、建議事項



- (一) 由研討會講者提供之資訊，廢棄物之減量及回收，除依靠政府制定法律及政策外，宜妥善運用市場機制與商業誘因，促使各產業在生產產品或提供服務時，納入資源循環理念。
- (二) 實馬高掩埋場因地質具有黏土層，其上再覆蓋不透水布作為阻漏，固存良好天然施作條件。我國辦理類似工程時，宜先以無害、安定之不可燃廢棄物、營建剩餘土石方、清淤及風災土石泥為優先。
- (三) 實馬高掩埋場第 1 期工程係以小區域之分區填埋方式進行，並已使用完畢累積相當經驗，如我國擬辦理類似工程，可先參考其施作方式。此外，已完成使用之第 1 期工程之後續營運及監測結果，以及甫於 2015 年開始使用第 2 期工程，均值得進一步瞭解後續情形。



附件一 **WasteMet Asia Symposium** 會議手冊





# Waste MET Asia

Symposium 2015

22 – 23 October 2015  
MAX Atria @ Singapore EXPO



## Environmental Solutions for Businesses & Industries

Veolia Singapore works across the whole spectrum of environmental services including integrated waste and recycling management of hazardous and non-hazardous waste, industrial services and public cleansing.

Through our comprehensive expertise we are able to develop tailored services for governments, businesses and industries. Our solutions improve operational, financial and environmental performance, making Veolia a reliable partner in our clients' sustainable growth.

### Our services for businesses

- Integrated waste and recycling management of various waste streams
- Collection, sorting, recycling and safe disposal of refuse, recyclables, hazardous and non-hazardous waste

### Our services for industries

- Industrial tank cleaning (manned & manless)
- Oily residuals management incl. separation, sludge treatment & hydrocarbon recovery
- Chemical cleaning
- Industrial vacuuming, Hydroblasting & Hydrojetting
- Facilities management & plant maintenance

Veolia ES Singapore Industrial Pte Ltd  
Tel.: (65) 6865 3140  
Email: sg-ves-is.sales@veolia.com

[www.veolia.com.sg](http://www.veolia.com.sg)



## CONTENT PAGE

<b>About WasteMET Asia Symposium 2015</b>	4
<b>General Information</b>	6
<b>Acknowledgements</b>	7
<b>Programme at a Glance</b>	8
<b>Programme Synopsis</b>	11
<b>About the Organiser</b>	22
<b>Conference Floor Plan</b>	23



## ABOUT WASTEMET ASIA SYMPOSIUM 2015

Organised by the Waste Management & Recycling Association of Singapore (WMRAS) and SingEx Exhibitions, the 3rd WasteMET Asia Symposium is a key platform in Asia for business leaders & owners, policymakers, technology developers, solution providers and young entrepreneurs from the waste management and recycling industries.

Themed "The New 3R: Reinvent, Renew, Regenerate", the 2-day event will discuss future trends in Waste Management, current challenges, developments and opportunities with an emphasis on resource regeneration.

### International Conference

Exchange of ideas; sharing of industry knowledge; creating new opportunities



### Industry Awards Dinner

Celebrate industry's new innovations over a night of networking

### Business Matching

Customised matching service dedicated to help delegates search and identify new business leads and partners



### Display Showcase

Cutting-edge innovations, products and services from leading international brands and companies

### Site Visits

Enhance your learning experience and encourage business partnerships



### Panel Discussions

Pertinent industry trends from a regional perspective



## FRINGE ACTIVITIES

### 22nd October 2015, Thursday | WasteMET Asia Industry Awards Dinner

The inaugural **Industry Excellence Awards** will be presented to the most outstanding frontline staff on the 22nd October 2015, Thursday by Dr Amy Khor, Senior Minister of State for the Ministry of Environment and Water Resources, alongside the 3R Packaging Awards at the WasteMET Asia Symposium Industry Dinner. These Excellence Awards recognises the commitment of frontline staff to keep our city clean and liveable whilst celebrating the continued efforts of the signatories of the Singapore Packaging Agreement in packaging waste reduction.

### 23rd October 2015, Friday | Site Visits

Please note the site visits are subject to change or cancellation at the discretion of the Organiser and/or the site owner. Limited seats available, please RSVP at the registration counter.

#### Senoko Waste-to-Energy Plant

Senoko Waste-to-Energy Plant (Senoko WTE Plant) is the third waste incineration plant built in Singapore and is one of four incineration plants currently operating. It was commissioned in 1992 with a land area of 7.5 ha. Senoko WTE Plant is equipped with six incinerator-boiler units with two condensing turbine generators offering a power generation capacity of 2 x 28 MW. Waste incineration is carried out at the plant 24 hours a day throughout the year.



#### ECO Special Waste Management Treatment and Recycling Facilities

ECO Special Waste Management (ECO) is one of Singapore's leading specialised waste management companies. The company provides a range of on and off site waste management services to customers in the industrial, commercial, and utility sectors, with a strong focus on innovation, quality, and excellent customer service.



## GENERAL INFORMATION

Facilities	Location	Operating Hours	Description
 Registration Counter	Level 2, MAX Atria	<b>22 October 2015</b> 8:00am – 5:00pm  <b>23 October 2015</b> 8:00am – 12:00pm	Delegate Registration
 Speaker Room	Tourmaline, Level 2, MAX Atria	<b>22 October 2015</b> 8:00am – 5:00pm  <b>23 October 2015</b> 8:00am – 12:00pm	Holding room for speakers to prepare and rehearse for their presentation.
 Starhub Business Centre	Level 1, MAX Atria	<b>22 October 2015</b> 10:00am – 5:30pm  <b>23 October 2015</b> 10:00am – 5:00pm	Services available include rental of telecommunication equipment, printing, photocopying, and other business-related services.
 Admission Policy	Admission is by registration only.  The organisers reserve the right to refuse entry to visitors and minors (below the age of 18). All passes are to be collected on-site at the registration counters.		
 Security Regulations	Passes have to be worn at all times and are non-transferrable. You are advised to bring along personal identification as security checks may be carried out.		
 Disclaimer	The organisers shall not be liable for any claims, damages, costs and expenses arising from delay of event, threat of terrorism, war, labour, trouble, strikes, fire, risk of infection, epidemic, casualties, or any causes beyond the reasonable control of organisers.		

## ACKNOWLEDGEMENTS

### Organisers



### Event Sponsor



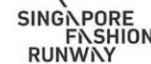
### Strategic Partner

### Supporting Partners



### Supporting Organisations

### Media Partner





# PROGRAMME AT A GLANCE

Day One, 22 October 2015, Thursday		
8.00am	Registration and Welcome Coffee & Tea	• Level 2, MAX Atria
<b>Plenary Session: Opportunities &amp; Trends</b>		
9.05am	Welcome Address	• Level 2, Peridot Room 201 - 203
9.15am	Opening Address	• Level 2, Peridot Room 201 - 203
9.30am	Memorandum of Understanding Signing Ceremony	• Level 2, Peridot Room 201 - 203
10.00am	Morning Refreshments	• Level 2 Foyer, MAX Atria
10.45am	Keynote Address: Sustainability and What It Means for Businesses Today?	• Level 2, Peridot Room 201 - 203
11.15am	Executive Panel: Waste Management in Emerging Markets: Issues, Challenges and Opportunities	• Level 2, Peridot Room 201 - 203
12.15pm	Networking Lunch	• Level 2 Foyer, MAX Atria
Track A: Domestic Waste & Recycling - Level 2, Peridot 202		Track B: Industrial Waste - Level 2, Peridot 206
1.30pm	Household Recycling: Perspective from Taiwan	Innovations in Management of Hazardous Waste and Industrial Waste Heat
2.00pm	Food Waste in India	Chemical Waste: Perspective from ECO Special Waste Management
2.30pm	RENEW: Engaging the Community to Recycle e-Waste	Create Sustainable Societies by Reducing, Reusing and Recycling Waste
3.00pm	Special Sharing Session: Waste2wear Recycling Story Using PET	How to Handle the Growing e-Waste Challenge in Asia?
3.15pm	Special Sharing Session: Citizen of the Earth	
3.30pm	Business Matching Session & Afternoon Refreshments	• Level 2 Foyer, MAX Atria
5.30pm	Pre-Dinner Networking Cocktail	• Level 2 Foyer, MAX Atria
6.00pm	WasteMET Asia Industry Awards Dinner featuring 3R Packaging Awards	• Level 2, Peridot 204 - 206
Day Two, 23 October 2015, Friday		
9.00am	Registration and Welcome Coffee & Tea	• Level 2, MAX Atria
<b>Plenary Session: Innovation &amp; Technology</b>		
9.35am	Keynote Address: What a Waste! Crying Out for the Fact Based Management of An Industry	• Level 2, Peridot 202
10.25am	A Business Owner's Perspective on Fleet Management	• Level 2, Peridot 202
11.00am	Industrial Symbiosis - A Pathway Towards Achieving Zero Waste in Singapore	• Level 2, Peridot 202
11.35am	Towards Zero Waste - A Swedish Success Story	• Level 2, Peridot 202
12.10pm	Closing Remarks and End of WasteMET Asia Symposium 2015	• Level 2, Peridot 202
12.15pm	Networking Lunch	• Level 2 Foyer, MAX Atria
2.00pm	Site visits - Senoko Waste-to-Energy Plant or Eco Special Waste Management Treatment	and Recycling Facilities (Limited seats available, please RSVP at the registration counter)

The above information is accurate as at time of print.

## PROGRAMME SYNOPSIS

22 Oct 2015 • Thursday | 11.15 am - 12.15 pm

### Executive Panel

#### Waste Management in Emerging Markets: Issues, Challenges and Opportunities

Amidst the current issues and challenges facing the waste management industry in respective market, the panel will share and discuss opportunities and potential cross-border collaborations for waste collectors, recyclers and service providers.



Panellist: **Tuti Hendrawati**  
Director General of Solid Waste  
Hazardous Waste and Hazardous Substances Management  
Ministry of Environment and Forestry, Indonesia



Panellist: **Dr Amiya Sahu, PhD**  
Founder and President  
National Solid Waste Association of India, India



Panellist: **Grace Penaflor Sapuay**  
President  
Solid Waste Management Association of the Philippines, Philippines



Panel Moderator: **Ynse de Boer**  
Managing Director - Strategy & Sustainability  
Accenture

## PROGRAMME SYNOPSIS

22 Oct 2015 • Thursday | 1.30 pm - 2.00 pm

### Track A: Domestic Waste & Recycling

#### Household Recycling: Perspective from Taiwan

In Taiwan, recycling was once the exclusive domain of scavengers and junk dealers, who bought goods with reuse value along curb side. The 1988 amended Waste Disposal Act first imposed extended producer responsibility on manufacturers, importers, and sellers of an expanding array of consumer products. In 1997, TEPA introduced the Four-in-One Recycling Program and established the Recycling Fund Management Board to coordinate the public, recycling businesses and local governments in comprehensive efforts to implement recycling activities, reduce waste volume and encourage public participation.



Speaker: **Ying-Ying Lai**  
Deputy Director  
Department of Waste Management, Environment Protection Administration, Taiwan

22 Oct 2015 • Thursday | 2.00 pm - 2.30 pm

### Track A: Domestic Waste & Recycling

#### Food Waste in India

In developing countries including India, agricultural product wastage is typically noticed pre-harvest and are a consequence of factors such as crops being negatively affected by unexpected weather conditions, or lack of adequate care (especially in the form of using pesticides that also affect the crop quality) lack of sophisticated equipment to help with farming that lead to severe inefficiencies in managing produce, and lack of labour. Food waste is also noted post-production and is mainly an outcome of a deficient quality control system.



Speaker: **Dr Amiya Kumar Sahu, PhD**  
Founder and President  
National Solid Waste Association of India, India



## PROGRAMME SYNOPSIS

22 Oct 2015 • Thursday | 2.30 pm - 3.00 pm

### Track A: Domestic Waste & Recycling

#### RENEW: Engaging the Community to Recycle e-Waste

A special sharing session on an environmental community collaboration by DHL, StarHub and TES-AMM.



Speaker: **Adam Reutens-Tan**  
Senior Manager  
CSR - StarHub, Singapore

22 Oct 2015 • Thursday | 3.00 pm - 3.15 pm

### Track A: Domestic Waste & Recycling

#### Special Sharing Session: Waste2wear Recycling Story Using PET

Find out how bottles are collected, brought to a recycling facility and turned into wearable fabric.



Speaker: **Jaimie Lim**  
Director  
Waste2Wear, Singapore

22 Oct 2015 • Thursday | 3.15 pm - 3.30 pm

### Track A: Domestic Waste & Recycling

#### Special Sharing Session: Citizen of the Earth

A special sharing session by a Singaporean celebrity.



Speaker: **Edmund Chen**  
Actor, Author and Producer, Singapore

## PROGRAMME SYNOPSIS

22 Oct 2015 • Thursday | 1.30 pm - 2.00 pm

### Track B: Industrial Waste

#### Innovations in Management of Hazardous Waste and Industrial Waste Heat

Hazardous waste management has become increasingly important due to the increasing amount of waste generated worldwide. Decreasing land availability for landfills and increased awareness on environmental safety have driven the development of hazardous waste management technologies. On the other hand, very little attention was paid on the recovery of industrial waste heat as a potent source of energy. Conventionally, waste heat was recovered and reused as thermal energy. However, the focus now is on new methods of waste heat recovery which convert even low grade waste heat into other forms of energy with increased feasibility. This presentation provides a snapshot of the industry landscape, management methods available, stakeholders and technology development, and an analysis of emerging opportunities for both hazardous waste management and industrial waste heat management.



Speaker: **Melvin Leong**  
Industry Manager, Environment & Building Technologies, Asia Pacific  
Frost & Sullivan

22 Oct 2015 • Thursday | 2.00 pm - 2.30 pm

### Track B: Industrial Waste

#### Chemical Waste: Perspective from ECO Special Waste Management

Strong growth of Singapore's industrialisation for the past decade has resulted a 70% increase in toxic industrial waste (chemical waste) generation, from 0.67mil m3 in 2004 to 1.14mil m3 in 2014. ECO, a NEA-licensed Toxic Industrial Waste Collector in Singapore with over 17 years operation, had experienced the changes and challenges in waste management market. These challenges have shaped the chemical waste management industry in providing more competitive, integrated and comprehensive services to industries in Singapore. The waste management industry becomes a strategic industry, playing an essential role in sustaining long term commitment of multinational companies in Singapore.



Speaker: **Vincent Tang**  
Director of Innovation and Assurance  
ECO Special Waste Management, Singapore





Photo: TPSW 2015 - Mark Estocado

**AsianNGO** is your premier source of information for grants, funding, partnerships and learning in Asia.

Our key offerings:

- Grants and funding database
- Partner search database
- Learning resources
- Latest news and events



**SIGN UP NOW!**

[www.asiango.org](http://www.asiango.org)

22 Oct 2015 • Thursday | 2.30 pm - 3.00 pm

**Create Sustainable Societies by Reducing, Reusing and Recycling Waste**



Speaker: **Dr Euan Low**  
*Infrastructure Advisory Services Director  
Mott Macdonald, Singapore*

22 Oct 2015 • Thursday | 3.00 pm - 3.30 pm

**Track B: Industrial Waste**

**How to Handle the Growing e-Waste Challenge in Asia?**

What is driving the e-waste volume? What happens today with e-waste?

How will regulators (have to) step in? What can (or have to) be done by Producers/Importers?

How to make it a commercial acceptable activity and increase value return?

Opportunities for governments and producers – the road to a real circular economy



Speaker: **Patrick Wiedemann**  
*Chief Executive Officer  
Reverse Logistics Group, Germany*

## 附件二 實馬高掩埋場簡報



# 欢迎莅临实马高垃圾埋置场

## Welcome to Semakau Landfill



### 节目表

#### Programme

---

- I      **固废管理与实马高垃圾埋置场运作简介**  
Briefing on Solid Waste Management & Semakau Landfill
  
- II     **交流**  
Q & A
  
- III    **游览实马高垃圾埋置场**  
Tour of Semakau Landfill
  
- IV    **游览结束**  
End of Tour

## 固废管理与实马高垃圾埋置场运作简介

### Briefing on Solid Waste Management & Semakau Landfill



3

## 从过去到现在 From Past to Present



生活环境与垃圾收集的蜕变  
Transformation of living conditions & refuse collection



4



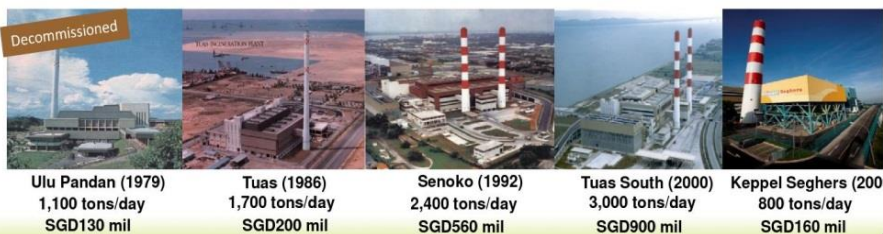
## 从过去到现在 From Past to Present

从本岛垃圾埋置场运作至岸外垃圾埋置场  
From direct landfilling to an offshore landfill



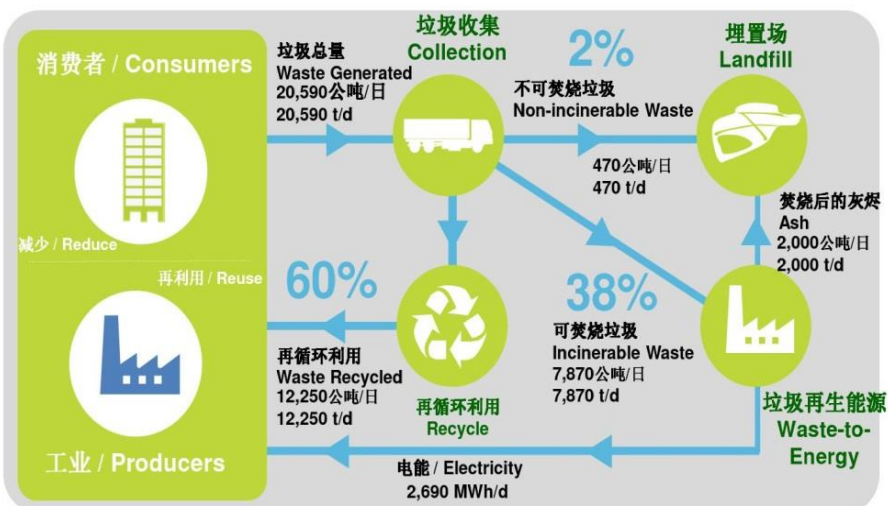
Lim Chu Kang      Choa Chu Kang      Lorong Halus      Semakau Landfill (Started operation in 1999)

垃圾再生能源设施于1979年开始启用，目前有四座垃圾再生能源设施  
From the 1st waste-to-energy plant in 1979 to 4 plants today



5

## 垃圾处理流程 Waste Management Loop



注：2014年数字  
Note: 2014 Figures

6

## 现有垃圾处理设施 Current Waste Management Facilities

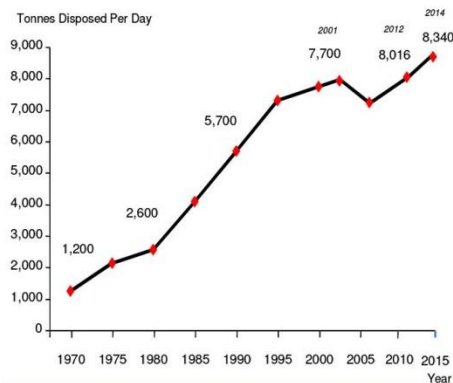


7

## 新加坡所面临的挑战 - 垃圾剧增与土地的缺乏 Challenges – Waste Growth & Land Scarcity

高速城市化与经济的蓬勃发展，垃圾的处理量也随着日益剧增

Amount of waste generated has risen rapidly & will continue to rise with population & economic growth



分配给垃圾处理设施的土地也将减少

Less land available for disposal facilities



8



## 策略

### Our Strategies

#### 减少垃圾的产生 Minimisation / Prevention

- 制订及实施各种计划和措施来减少包装材料的使用
- Promote efficient use of resources in production processes
- 积极推广减少, 再利用和再循环垃圾的措施。鼓励社区与工商业界实行垃圾分隔和处理
- Promote 3Rs & waste segregation at source in homes & businesses



#### 再循环利用 Recycling

- 提高垃圾回收率
- Maximise resource recovery from waste
- 采用有效的再循环利用措施来达到干净与绿化的环境
- Adopt better recycling methods to sustain clean environment



#### 垃圾再生能源/减少垃圾体积 Waste-to-Energy / Volume Reduction

- 利用高科技来提高再生能源的产量, 减低焚化所产生的灰烬和减少建设垃圾处理设施的土地应用
- Adopt innovative technology to maximise energy recovery, minimise ash & land use



#### 埋置场 Landfill

- 减少送往垃圾填埋场的总量
- Minimise waste to landfill



9

## 展望与目标

### Vision & Targets

运用有效并可持续的固体废物管理, 在2030年达到百分之70的垃圾循环率

A sustainable, affordable & integrated waste-to-resource management system, 70% recycling rate by 2030



- 3R实践(减少, 再利用, 再循环)融入日常生活和商业活动
- 3R practices are integrated with daily life & business operations



- 有活力且有效的垃圾和资源管理行业, 促进经济发展
- A vibrant industry manages waste & resources effectively and contributes to economic growth

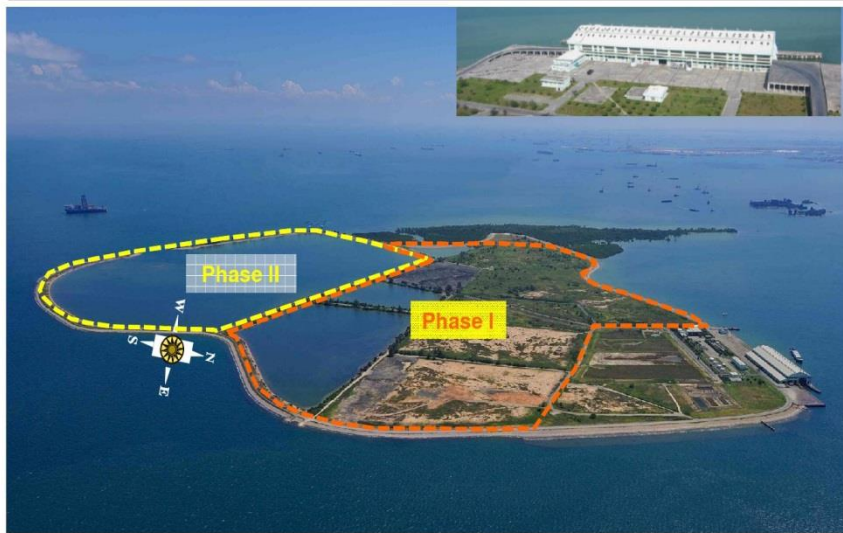


- 提升垃圾管理设施资源和能源的效力, 减少对土地资源的应用以及对环境的影响
- Waste management facilities maximise resource & energy efficiency and minimise land footprint & environmental impacts

10

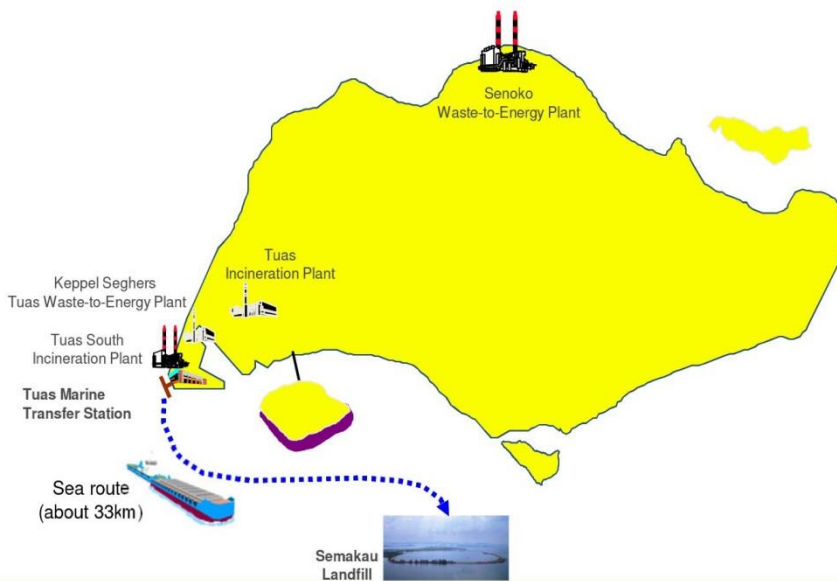
### 实马高岸外垃圾埋置场与大士海运转换站

Semakau Landfill (SL) & Tuas Marine Transfer Station (TMTS)



11

### Waste Transfer – Barging Operation



12

## 垃圾转运过程 Waste Transfer Operation



13

## 埋置场的运作 Landfill Operation



14



## Semakau Landfill – Phase I 实马高垃圾埋置场 – 第一阶段

Start of Operation 投入服务	:	1 April 1999
Construction Cost 耗资	:	S\$610 million 6亿1千万
Landfill Area 总面积	:	350 hectare 350公顷
Landfill Capacity 容量	:	63 million m <sup>3</sup> 6千3百万立方米
No. of wet cells 干池	:	11
No. of dry cells 湿池	:	4
Perimeter Bund 堤岸围墙	:	7 km, lined with impermeable geomembrane and marine clay

### Equipment

#### Refuse Transfer

Barge	:	6 units, each 3,500 m <sup>3</sup>
Tugs	:	3 units

#### Refuse Handling

Spreading Excavators	:	2 units
Unloading Excavators	:	4 units
Wheel-loaders	:	3 units
Dump Trucks	:	10 units

#### Landfilling

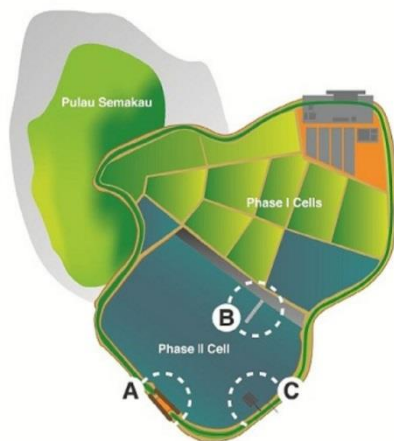
Compactors	:	4 units
Bulldozers	:	5 units



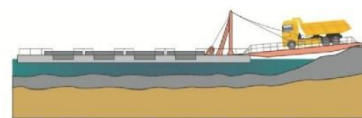
15

## 实马高垃圾埋置场第二阶段的发展

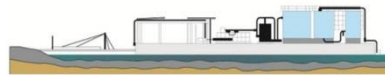
### Phase II Development of Semakau Landfill



(A) 连接堤岸围墙工程  
Construction of build-up sand bund

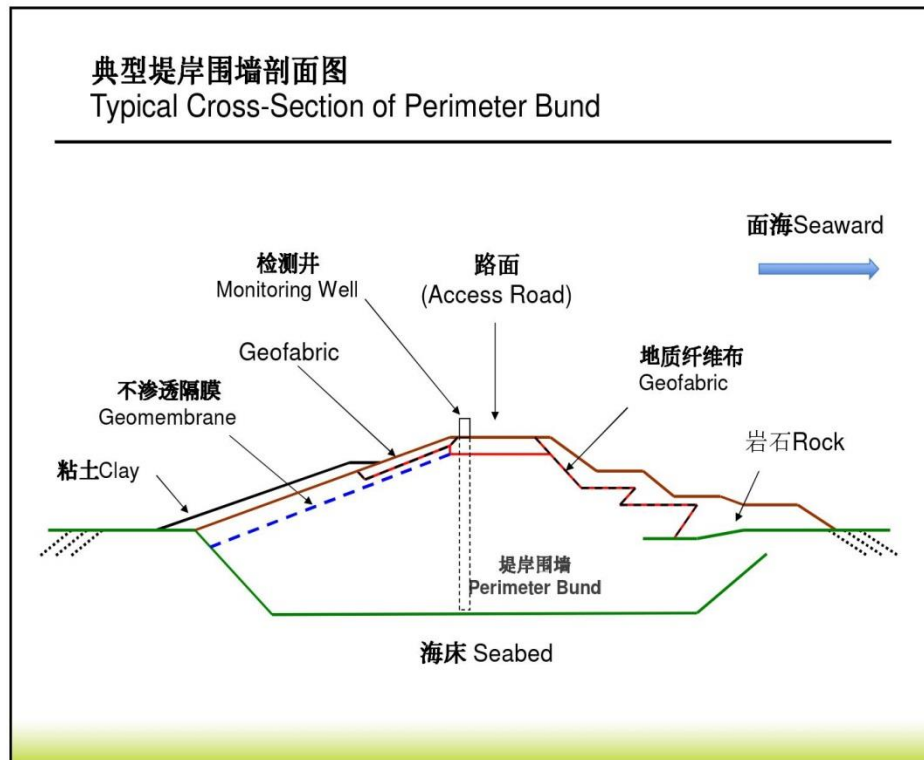


(B) 浮动平台 Floating Platform



(C) 废水处理厂 Wastewater Treatment Plant

- (A) Construction of build-up sand bund to close the 160m gap at the southern tip of Semakau Landfill;
- (B) Design, construction, installation, testing and commissioning of Floating Platform; and
- (C) Design, construction, installation, testing and commissioning of Wastewater Treatment Plant.



### 连接堤岸围墙工程 (2015年4月30日完工)

#### Construction of build-up sand bund (Completed 30 Apr 2015)

- 衔接160米开口以形成单一埋置池  
Close 160m gap to form a single landfill cell
- 安装塑料管和观测井 Install perforated sub-soil pipes and sump
- 埋置池面积 Landfill Area: 157公顷157 Hectares
- 埋置池容量 Capacity: 16.7 Million cubic meter 1千6百70万立方米
- 启用 Operation: Aug 2015





## 废水处理厂 Wastewater Treatment Plant

### 主要功能 Main functions of WWTP

- (I) 保持埋置池水位 Maintains water level in Phase II cell
- (II) 处理多余废水 Treats excess water in Phase II cell
  - 达到国际排污指标，才排入大海 To meet international discharge standard before discharging wastewater to open sea
  - 水位上升原因 (a) 雨水累积 和 (b) 垃圾埋置  
Water level increases due to (a) rainwater accumulation; (b) landfilling

### 设计资料 Design Information:

- 浮动平台结构 Floating Structure - 58m (L) x 48m (W) x 2.4m (H)
- 废水处理量 Wastewater Treatment capacity - 18,000 m<sup>3</sup>/day  
 废水处理厂调控酸碱度，消除重金属和悬浮颗粒物  
 WWTP adjusts pH, removes heavy metals & suspended solids

## 废水处理厂 Wastewater Treatment Plant



21

### 浮动平台（2015年3月5日完工）

#### Floating Platform – Completion (5 Mar 2015)

##### 主要功能 Main Functions

- **安全倾倒入灰** Safe disposal of ash into Phase II cell  
[大池的海床深度不均，潜在灰块滑坡危险]  
Large cell with uneven seabed, risk of ash sliding

##### 浮动平台设计资料 FP Design Information

- 200m (L) x 20m (W)
- **两座跨渡桥** 2 linkspans
- **5个单一浮动平台衔接在一起** 5 pontoons (40m x 5) linked by connectors
- **5根定位桩以稳固平台** 5 spuds as stabilisers
- **10个锚(以移动平台)** 10 anchors (for shifting)
- **FP可容纳两辆卡车和一辆挖土机** FP for 2 dump trucks & 1 Excavator
- **浮动平台可移动** FP can be shifted
- **当海床填至水下两米处，即可使用常规的垃圾埋置方法**  
When seabed is landfilled to 2m depth, conventional landfilling can commence (using bulldozer and compactor)

22





浮动平台 Floating Platform



### 活力生态与实马高垃圾埋置场和谐共存 Co-exist landfill with rich biodiversity

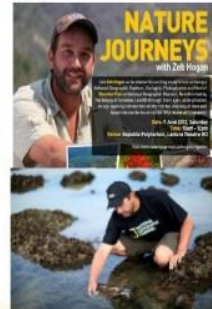


An environmental solution created out of sea space  
Co-exist landfill with rich biodiversity

观鸟 Bird Watching



潮间之旅 Intertidal Walk





**Thank You**





### 附件三 公務出國期間國外人士個人資料彙整表

活動名稱	姓名	單位職稱	國別	專長領域	會晤日期	聯絡電話	電子郵件	我方接洽者姓名職稱	交流內容	備註
參訪 實馬 高掩 埋場	Ron Wong Chak Huat	Deputy Director	新加 坡	Waste & Resource Management Department	104/10/23	+6567319170	wong_chak_huat@nea.gov.sg	賴技監 瑩瑩、 楊技士 智閔	廢棄 物管 理政 策	
	Ong Chin Soot	Senior Manager (Semakau Landfill)		Waste & Resource Management Department		+6568617160	ong_chin_soon@nea.gov.sg			
	Sim Jun Hua	Manager		Waste & Resource Management Department		+6567086089	sim_jun_hua@nea.gov.sg			
研討 會	Annie Tan	Deputy Director	新加 坡	Environmental Learning Centre	104/10/22	+6564714367	annie_tan@nea.gov.sg	賴技監 瑩瑩、 楊技士 智閔	廢棄 物管 理政 策	
	Michelle Tay	Senior Assistant Director		Environmental Learning Centre		+6564714371	michelle_tay@nea.gov.sg			



Michelle Tay  
Senior Assistant Director  
Environmental Learning Centre  
Singapore Environment Institute

DID : +65 6471 4371  
Fax : +65 6734 9269  
Email : michelle\_tay@nea.gov.sg



Annie Tan  
Deputy Director  
Environmental Learning Centre  
Singapore Environment Institute

DID : +65 6471 4367  
Fax : +65 6734 9269  
Email : annie\_tan@nea.gov.sg

PPT



Ong Chin Soon  
Senior Manager (Semakau Landfill)  
Waste & Resource Management Department  
Environmental Protection Department

DID : +65 9822 3850  
HP : +65 9274 7851  
Fax : +65 6861 7160  
Email : ong\_chin\_soon@nea.gov.sg



Ron Wong Chak Huat  
Deputy Director  
Planning  
Waste & Resource Management Department  
Environmental Protection Division

DID : +65 6731 9170  
Fax : +65 6731 9731  
Email : wong\_chak\_huat@nea.gov.sg



Sim Jun Hua  
Manager  
Planning  
Waste & Resource Management Department  
Environmental Protection Division

DID : +65 6708 6089  
Fax : +65 6731 9731  
Email : sim\_jun\_hua@nea.gov.sg



Tng Mei Ling  
Senior Assistant Director  
Environmental Protection Policy Department  
Environmental Protection Policy & International Relations Division

DID : +65 6731 9227  
Fax : +65 6731 9922  
Email : tng\_mei\_ling@nea.gov.sg