

## 壹 目的與行程

本次出國主要目的是參加於英國倫敦舉行的第 8 屆 Gas-To-Liquids 研討會，該研討會是由英國 SMI Conferences 公司所主辦的，研討會主題內容 Gas-To-Liquid (GTL)技術是指由天然氣反應轉化成柴油、輕油與 LPG 之製程技術，該技術經多年發展已屆商業化階段，藉參加此研討會蒐集 GTL 最新技術及發展趨勢。本次出國也順道訪問位於倫敦近郊的 KBC Process Technology 公司，討論重組工場軟體 Ref-Sim 的使用與軟體近年來的改進，另方面也對該公司之其他關於能源工業的模擬軟體進行了解與資料蒐集。

GTL 研討會於 10 月 25 日與 26 日兩天，因 KBC Process Technology 公司相關人員於該星期不在英國，因此行程先安排拜訪 KBC 公司。出國行程表列於下表。

出國行程表

定起訖日期	天數	到達地點	詳細工作內容
94.10.20	1	台北-倫敦	起程
94.10.21-94.10.24	4	倫敦	1.訪問 KBC Process Technology 公司 (10.21) 2.參加 SMI GAS-to-Liquid 研討會 (10.24 & 10.25)
94.10.25-94.10.26	2	倫敦-台北	返程
合計	7		

## 貳 KBC 公司簡介與參訪

KBC 起初主要從事於改進煉油廠的操作，現已拓展了其業務範圍，包括提供石油化工服務、能源技術、上、下游風險管理諮詢等。自 1979 年成立以來，KBC 迄今已發展成爲一個擁有 250 多名員工的企業，在技術上享有很高的聲譽，致力於幫助客戶在其現有資產基礎上盡可能挖掘潛在的效益。KBC 的業務遍及全球 20 多個國家，在英國、美國、新加坡、日本和荷蘭設有主要辦公地點，並於 1997 年在倫敦證券市場上市。KBC 一直持續擴展其服務範圍，於 2002 年收購了石油經濟有限公司(Petroleum Economics Ltd., 簡稱 PEL)和 Linnhoff-March。

KBC 最新模擬軟體產品稱爲 Petro-Sim 包括了如下關鍵工藝裝置：原油分析資料庫和管理系統(CADB/CAMS)、蒸餾、臨氫降凝、加熱爐、調配、流動催化裂化、催化重整、加氫裂化、氫氟酸烷基化、延遲焦化、串聯硫酸烷基化、石腦油/餾出油加氫、CADB/CAMS、渣油脫硫及 VGO 加氫等。據稱使用 Petro-Sim 可以進行整個煉油廠最適化模擬。

10 月 21 日拜訪位於倫敦近郊(Walton on Thames)之 KBC 公司，受到 Simon Rogers 副董事長與主管軟體銷售&服務的 Mark Bilcliff 經理接待；之後，他們安排 Rasool Barouni 先生爲我介紹該公司的軟體，他爲我展示最新板本的 Petro-Sim，它是一套圖像導引的製程模擬器，可以做整個煉油廠的模擬，其畫面和 Hysys 製程模擬器相同，原來在 Hysys 公司未被 Aspen 公司併購之前，兩家公司有合作關係。Petro-Sim 可以讓製程工程師進行煉油廠複雜結構之評估、分析與最適化，用途爲決定進料與操作目標影響，或更新線性規劃 LP 模式，或監督製程效能，或製程投資研究。該軟體包括重組(Ref-Sim)與 FCC 等，個別製程軟體也可以分別單獨出售。

本所所購的 Ref-Sim 爲 96 年版的，基本上是 DOS 環境下之軟體，除了 Ref-Sim 外另一部份的軟體 Ref-Bal 是用以進行工場資料物質平衡檢視，也是 DOS 環境下之軟體，Ref-Bal 檢視合格的資料才能爲 Ref-Sim 所使用；當初購買此套軟體時有附帶一年維護費，因此後來本所有了 Ref-Sim 2000 年版，Ref-Sim 自 2000 年版起是建置於 Excel 內，可是 2000 年版並未更動與整合 Ref-Bal 部份，因此必須將 Ref-Bal 計算結果手動鍵入 Ref-Sim 內。據悉 2001 年起，Ref-Bal 已和 Ref-Sim 整合於同一 Excel 架構內，Ref-Bal 資料可以容易地傳送給 Ref-Sim 使用。總結而言，本所的 Ref-Bal 仍然可以和 Ref-Sim2000 搭配使用，只是程序較繁瑣。

Rasool Barouni 先生也簡單爲我介紹 Ref-Sim 之使用，該軟體可以模擬 CCR 與 cyclic 型的重組工場，能夠模擬 BTX 與 gasoline 操作模式，模擬反應器、分離器與氫氣迴流系統並提供質能平衡資料。由於該軟體會由工場操作性能資料定性觸媒特性，因此不須觸媒資料，換言之，此軟體不受限工場所使用的觸媒種類。KBC 公司提及他們能夠提供付費的軟體訓練課程，也願意提供優惠軟體升級選項。

## 參 SMI 公司簡介與 GTL 研討會

本次出國主要是參加 Gas-To-Liquids(GTL)研討會，這是由位為英國倫敦市區 SMI 公司(網址：[www.smi-online.co.uk](http://www.smi-online.co.uk))所舉辦的，該公司主要業務是主辦國際性研討會，提供資訊交換平台，研討會範疇涵蓋國防航太、財務方面、通訊、藥物、能源與其他，本次 GTL 研討會屬於能源範圍，今年該研討會已是第八屆，研討會日期為 10 月 24 與 25 日，會議地點為 51/53 Hatton Garden, London, EC1N 8HN, United Kingdom。

參加此次研討會共有 83 人，參加人員所屬公司有煉油煉氣公司、製程公司、設備公司、建造工程公司與財務公司等。本次研討會總共有 16 篇論文發表，論文均以 power point 報告檔呈現。內容含蓋 GTL 廠建造、GTL 市場與財務、GTL 技術與 GTL/LNG 對比等。

### (一)Gas-To-Liquids 製程

Gas-To-Liquids 是指以天然氣(NG)為原料生產液體石油產品。圖(一)表出 Gas-To-Liquids(簡稱 GTL)製程簡圖。天然氣(主要成分為甲烷)與氧(使用空氣或純氧)於 reforming 反應器內生成合成氣 syngas，其主要組成為一氧化碳與氫氣，合成器送 Fischer-Tropsch 反應區生產直鏈碳氫化合物，這些碳氫化合物經產品處理區後產出 GTL 柴油(diesel)、GTL 輕油(naphtha)與 GTL 液化石油氣(LPG)等。圖(二)為 GTL 製程之質量平衡。圖(三)與圖(四)分別畫出現有 GTL 廠與下一代廠之流程，下一代廠是 Gas plant 與 GTL 廠有整合，一方面可將天然氣中較重成分取出成為產品，另一方面也可以藉氣體淨化區除去過多硫份，以免影響 Fischer-Tropsch 觸媒效能。圖(五)為天然氣組成與下一代 Gas-To-Liquids 廠進料組成規範，其中重成分與硫份均有明確規範值。圖(六)為下一代簡易 GTL 廠與整合型廠的產品比較，其中乙烷可供售於乙烯廠，另外也可產製基礎油。

關於產生合成氣的 reformer 反應區有兩種不同流程，即 Autothermal Reformer (ATR) 與 Gas Heated Reformer (GHR) Process，其流程與反應化學計量分別見圖(七)與圖(八)，GHR 流程所需氧氣較少而合成氣卻較多。圖(九)為 GTL 廠各設備方塊圖，圖(十)為 ATR 與 GHR 兩流程生產與效能比較，GHR 效能改進了 7.8%，同時二氧化碳排放與氧氣消耗分別下降 32%與 26.5%。

圖(十一)為各廠家 GTL 製程技術與開發情況比較，在 Fischer-Tropsch 部份觸媒均為鈷化合物而反應器大部份為 slurry reactor 而只有兩家使用 fixed bed reactor。圖(十二)為各家 GTL 製程技術開發情況比較，卡達的商業化 GTL 廠採用 Sasol Chevron 製程將於 2006 年開始運轉；Shell 公司計畫於卡達建商業化 GTL 廠；Chevron 與奈及利亞國家石油公司(NNPC)合資計畫於奈及利亞(Nigeria)興建 GTL 廠。

## (二)Gas-To-Liquids 產品品質與利用

圖(十三)為歐洲汽柴油需求趨勢圖，汽油需求近年來下降而柴油自 1990 年代以來需求則不斷上升，1998 年柴油需求超越汽油需求，兩者差距正不斷擴大中。圖(十四)為汽柴油燃料效率比較，柴油燃料效率一直以來均高於汽油燃料效率，1998 年以後，柴油的燃料效率有較高幅度的提昇，應歸因於柴油引擎效能提昇相關。2005 年至 2015 年，全球柴油需求增加率每年約 3%，另一方面柴油硫含量將自 1500 ppm 提昇至 50 ppm，這些需求 GTL 柴油將能夠提供很大的滿足。GTL 柴油的品質優越，參見圖(十五)，硫含量小於 5 ppm，Cetane 值超過 70，芳香烴含量低於 1%，是良好的柴油摻配料。圖(十六)柴油引擎試驗結果顯示，GTL 柴油的 HC 與 CO 排放均比傳統柴油下降 90%，固體顆粒排放下降 30%，CO<sub>2</sub> 與 NO<sub>x</sub> 也小幅下降，唯燃料消耗略上升約 5%。GTL 柴油可以用於現有柴油引擎而且能夠由現有加油站系統供應。一如圖(十七)所示，GTL 柴油短程方面可以與來自傳統煉油廠的柴油相混供應市場，長程方面可供應給需要乾淨燃料如大巴士等。

## (三)Gas-To-Liquids 與 LNG

GTL 與 LNG 之原料均為天然氣 NG，兩者將會有競爭關係是可預期的。圖(十八)說明 LNG 在未來十年需求增長強勁，亞太地區仍將是最大需求區域；歐洲與北美洲需求增長相當快速。LNG 是一成熟的工業，在其 20 家活躍主導廠家中，目前只有 Shell 一家也同時是 GTL 業者，如圖(十九)所示，雖然 LNG 比 GTL 超前 40 年，不過，將會有越來越多公司比較 GTL 與 LPG 兩條運用 NG 途徑。LNG 需要長期產銷合約而且需要輸出-接收站與 LNG 船等基礎建設設施，相對的 GTL 是屬於可替代的商品，不需要長期合約，所需的基礎設施也較少，但是要有持續的市場技巧以獲取最大收益。GTL 與 LNG 之競爭因素有(1)需求與價格的市場條件；(2)技術方面的風險；(3)氣田擁有者與貸方公司的優先配給；(4)GTL 產品與 LNG 價格與原油價格之連動。由以上各因素深入分析去確認最後贏家，結果很可能是因地而不同。

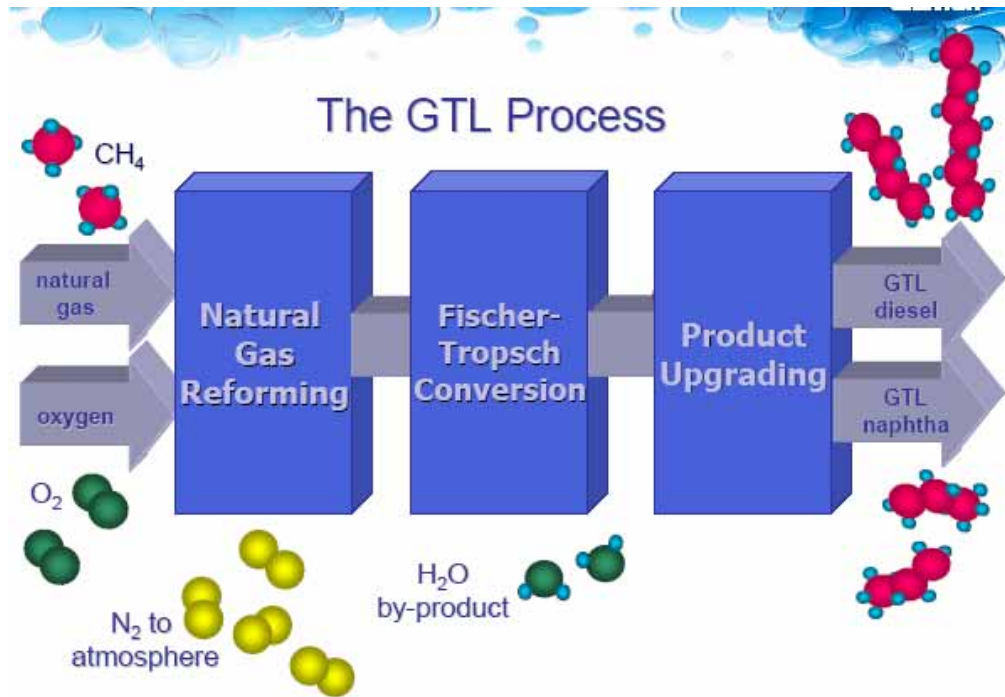
## (四)Gas-To-Liquids 製程商業化

Sasol Chevron 與卡達國家石油公司(QP)合資成立 ORYL 公司，在卡達建造全球第一座 GTL 商業化工廠，總投資金額美金 1 billion，進料為 330MMSCF/D 天然氣，液體產品為 34,000bpd，其中 1,000 bpd LPG、9,000 bpd Naphtha 與 24,000

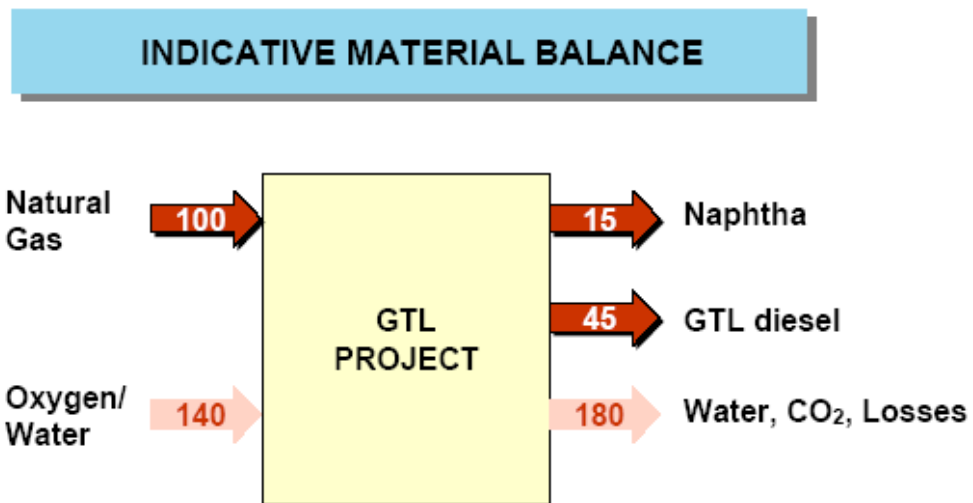
bpd 的 Diesel，該廠的 EPC( Engineering Procurement Contractor)contract 金額美金 6 億 7 千 5 百萬為意大利公司 Technip。該廠將於 2006 年完工運轉。Chevron 也與奈及利亞國家石油公司( NNPC)合資於該國興建產能 34,000 bpd GTL 工廠，總投資為超過 2 billion 美元，EPC contract 金額為 US\$1.7 billion 為韓國 KBR 得標，預計 2009 完工運轉。圖(二十一) 為財務放貸公司對此兩個 GTL 商業化案之評估，表中指出產品產值和原油價格有相當連動關係，投資金額高(US\$ 30 ~ 40 k/ bpd，或更高)，操作費用比煉油廠高( on US\$/ bbl basis)。圖(二十二)為卡達興建中 GTL 商業化工廠之照片，照片中 4 座直立粗大槽體為 Fischer-Tropsch 反應器。

#### (五)結語

GTL 廠的設立應該是在氣源地，台灣將來如有透過國外探勘獲得氣源權利，如何將這些能源運回國內，除了 LNG 外 GTL 也是可以考慮的方向。歐洲於 1998 年起柴油需求已經高於汽油的，兩者差距持續擴大；所以，可預見將來會有越來越多的柴油會以天然氣為原料生產的，GTL 的生產將會對液化天然氣 (LNG)的設立產生競爭情況，政府相關單位與本公司應持續關注 GTL 的發展情況。



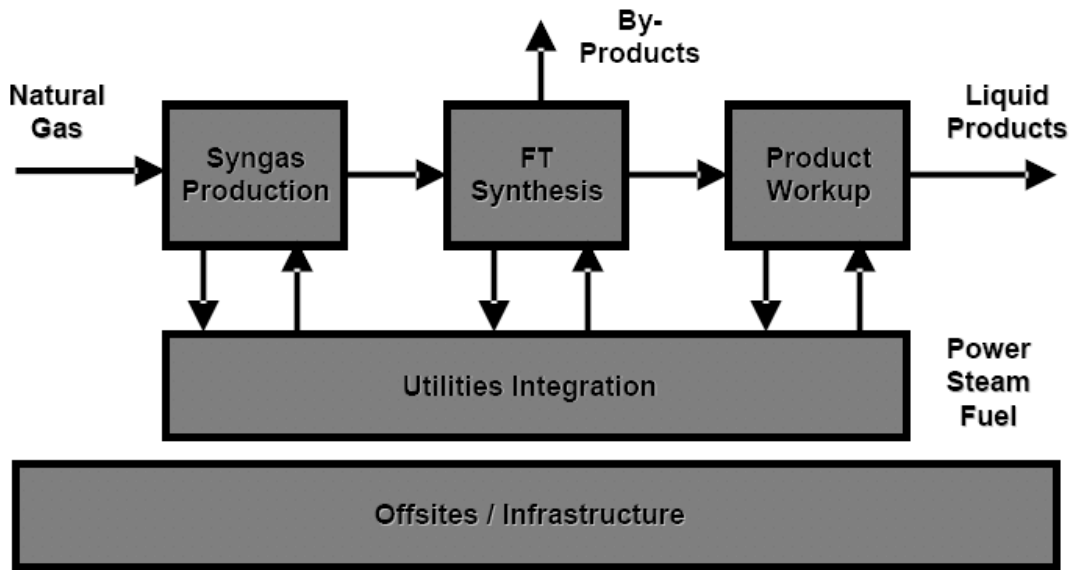
圖(一) Gas-To-Liquids 製程簡圖



*Along with “add-on” specialty opportunities:  
n-paraffins, base oils and waxes*

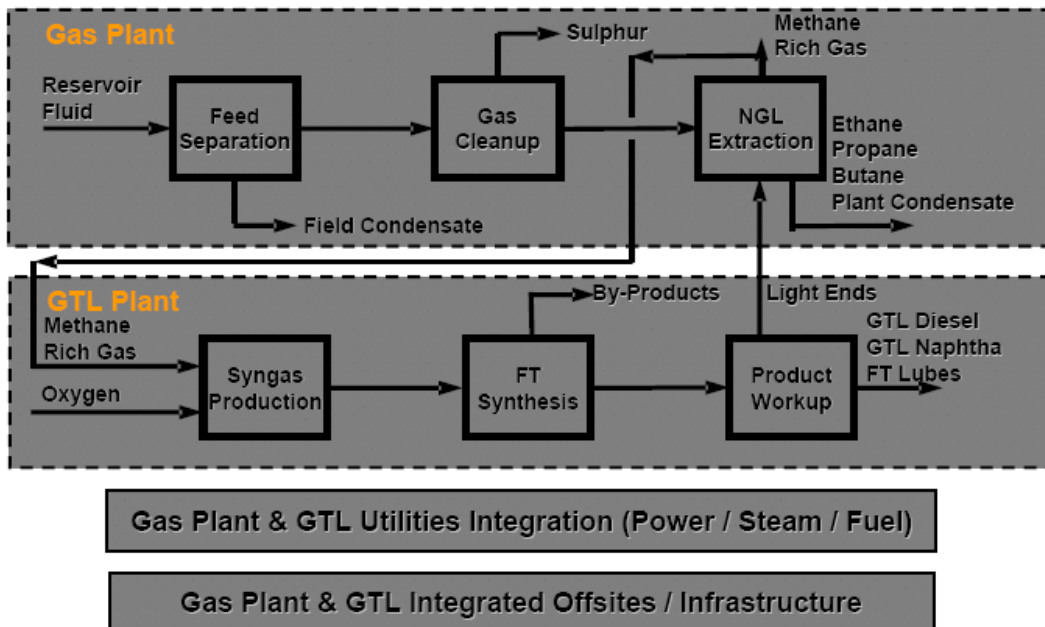
圖(二) Gas-To-Liquids 製程質量平衡圖

The Present Generation – Simplified Schematic



圖(三) Gas-To-Liquids 廠現有製程簡圖

The Next Generation – Simplified Schematic



圖(四) Gas-To-Liquids 廠下一代製程簡圖

---

### The Next Generation – GTL feedstock definition

---

Example Landed Gas Quality <sup>(1)</sup>	Example GTL Feed Quality
C <sub>1</sub> – 75 mol% min	C <sub>1</sub> – 90 mol%
C <sub>2</sub> – 10 mol% max	C <sub>2</sub> – 1 to 10 mol%
C <sub>3</sub> – 5 mol% max	C <sub>3+</sub> – 1 mol% max
C <sub>4</sub> – 2 mol% max	
C <sub>5+</sub> – 0.5 mol% max	
Inerts – 4 mol% max	Inerts – 4 mol% max
CO <sub>2</sub> – 2 mol% max	CO <sub>2</sub> – 50 ppm to 1.5 mol% max
Total Sulphur – 80 to 300 ppm	Sulphur – 20 ppm max

圖(五) 天然氣組成與下一代 Gas-To-Liquids 廠進料組成規範

---

### The Next Generation – Product Slate Comparison

---

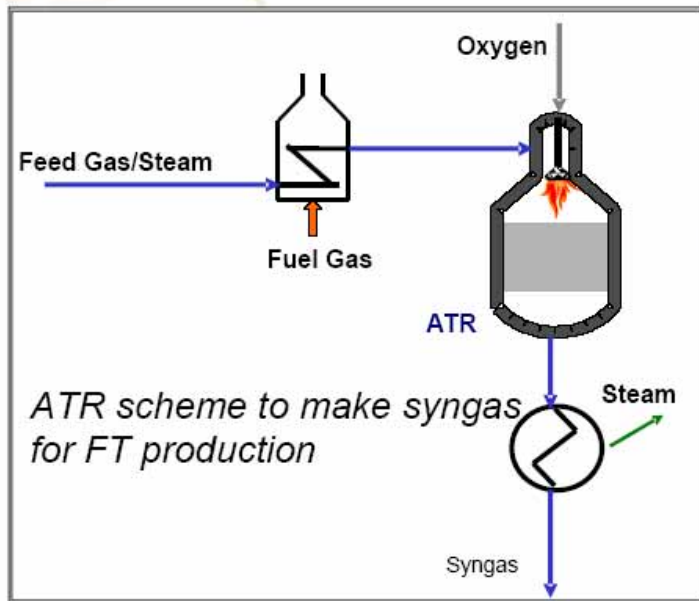
GTL Slate	Integrated Slate
LPG	GTL Diesel
GTL Diesel	GTL Naphtha
GTL Naphtha	FT Base Oil (FTBO™)
	Ethane (Optional)
	Propane
	Butane
	Field Condensate
	Plant Condensate

圖(六) 下一代 Gas-To-Liquids 廠產品比較



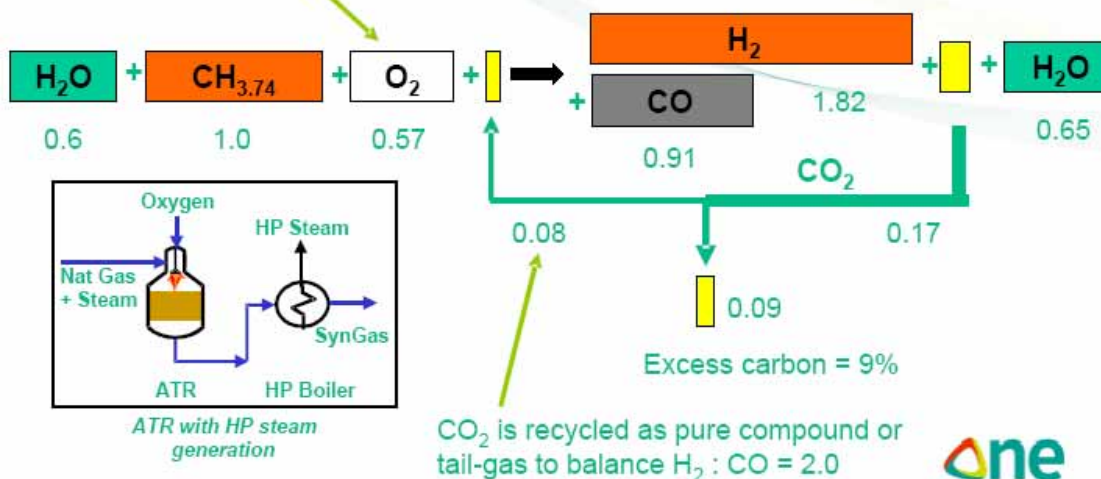
## ATR Scheme

- Technology being installed on SasolChevron Oryx plant
- Process Line-up
  - Pre-Reformer
  - Fired Heater
  - ATR
  - Reformed Gas Boiler



## ATR Stoichiometry

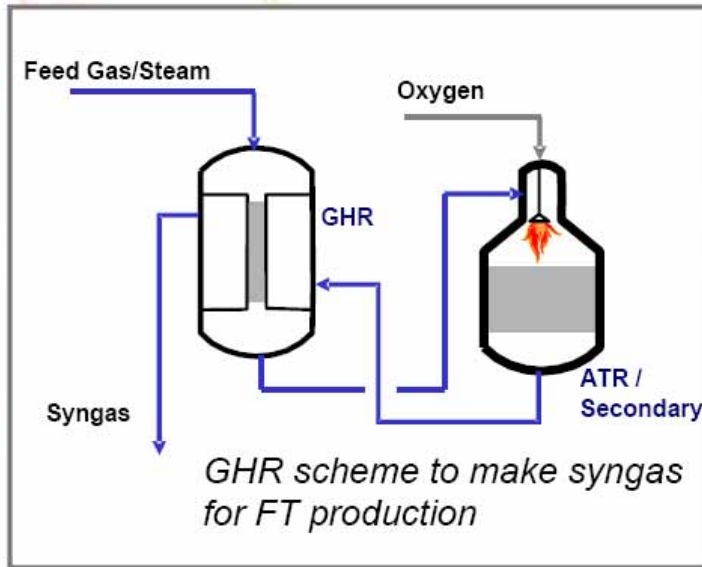
A fixed amount of  $O_2$  is combusted to steam reform to equilibrium at  $1050^\circ C$  ( $1920^\circ F$ )



圖(七) ATR 重組反應流程與其化學計量

# GHR Scheme

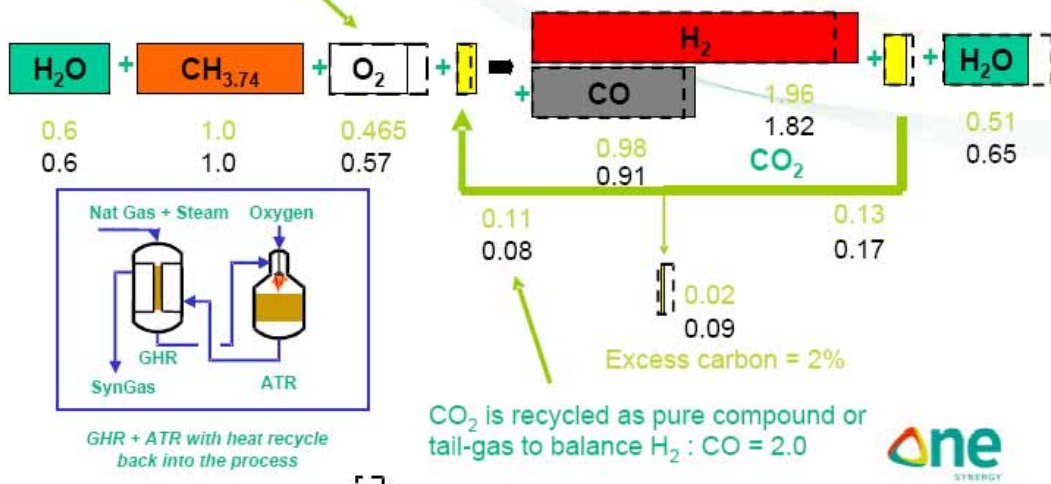
- Process Line-up
  - Start-up Fired Heater
  - GHR
  - Secondary/ATR
- Recycles Heat
  - Reduces O<sub>2</sub>
  - Reduces Steam Generation
  - Improves SG Composition



# GHR Stoichiometry

A fixed amount of O<sub>2</sub> is combusted to steam reform to equilibrium at 1050 °C (1920 °F)

- O<sub>2</sub> is reduced because of heat recycle to GHR
- More H<sub>2</sub>+CO is produced per mole of natural gas



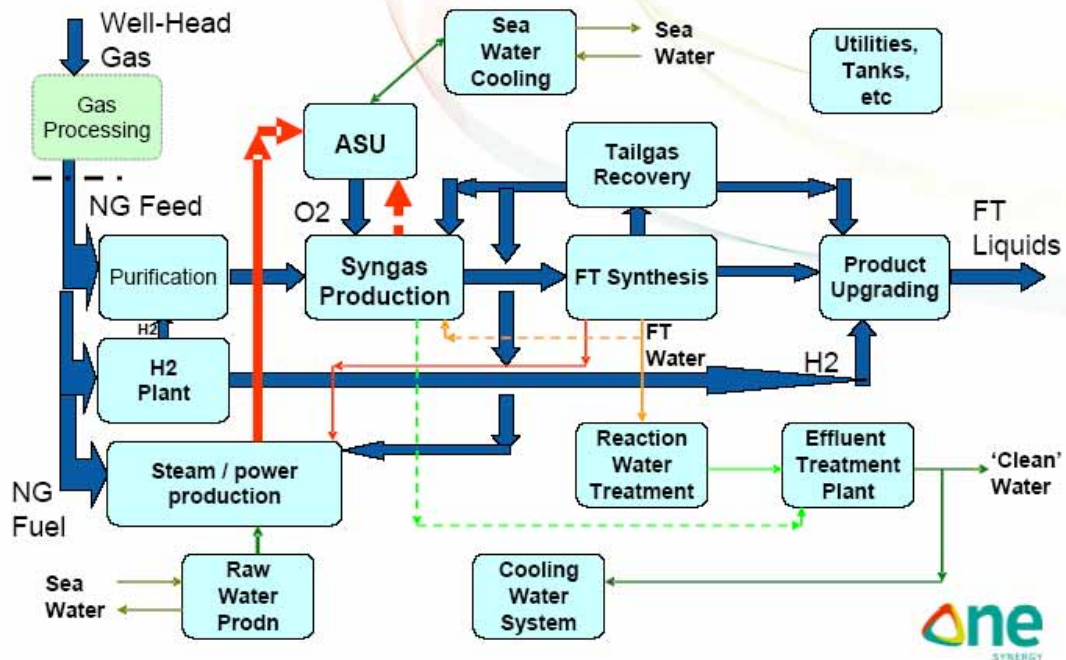
(C) Johnson Matthey PLC, 2005

1.0 - represents ATR figures



圖(八) GHR 重組反應流程與其化學計量

## Block Diagram of GTL Facilities



圖(九) GTL 廠設備方塊圖

## Basic Production and Efficiency Statistics

Case	ASU (TPD)	ASU units	Nat Gas (MW)	Prodn bpd	Eff. GJ/b	CO <sub>2</sub> tes/hr	CO <sub>2</sub> kgs/b
ATR	16400	4	8243	83108	8.57	419	121.0
GHR	12300	3	7751	84794	7.90	292	82.6

- Reconfirms GHR process benefit
  - Efficiency improvement of 7.8%
  - 32% reduction in CO<sub>2</sub> emissions
  - 26.5% reduction in O<sub>2</sub> consumption

圖(十) ATR 與 GHR 兩流程生產與效能比較

## GTL-FT main technologies



Company	Syngas	Fischer Tropsch	Scale
ExxonMobil	- ATR	- Slurry, Co	Demo (Baton Rouge, 300 bpd)
Shell	- Non catalytic POX	- Fixed bed, Co	Industrial (Bintulu, 20000 bpd)
Sasol	- ATR	- Slurry, Co	Industrial (PetroSA 30000 bpd; Sasolburg 3000 bpd). Qatar (2006)
Statoil	- Flexible	- Slurry, Co	FT demo (1000 bpd, PetroSA 2003)
BP Amoco	- Compact SMR	- Fixed bed, Co	Demo (Nikiski, 300 bpd 2002)
ConocoPhillips	- Catalytic POX	- Slurry, Co	Demo (Ponka City, 300 bpd, 2004)
Syntroleum	- ATR with air	- Slurry, Co	Demo (70 bpd, 2004)
IFP	- Flexible	- Slurry, Co	FT demo (20 bpd)

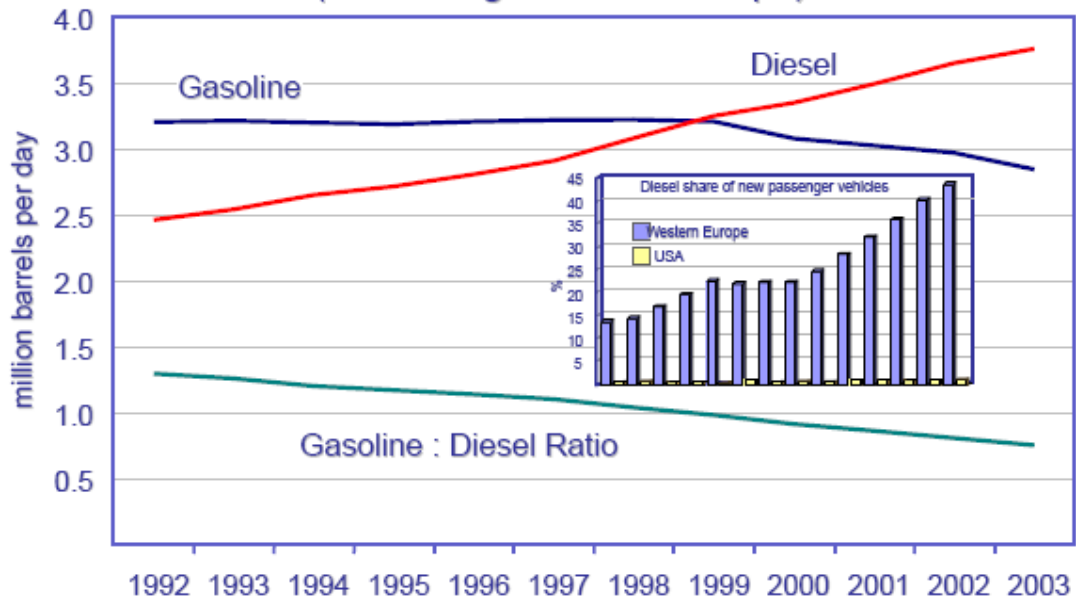
圖(十一) 各家 GTL 製程技術與開發情況比較

*This slide of key players, is unchanged over 5 years, with further evolution more likely than revolution*

COMPANY	COMMENT
Sasol Chevron Shell ExxonMobil	LEADERS: Technology provided as part of JV with hydrocarbon owner
ConocoPhillips BP Statoil & PetroSA Marathon	FOLLOWERS: Yet to make a significant breakthrough on a major new project, but eager to do so
Rentech Syntroleum	LICENSORS: Technology yet to be fully demonstrated on semi-commercial scale, with limited financial resources

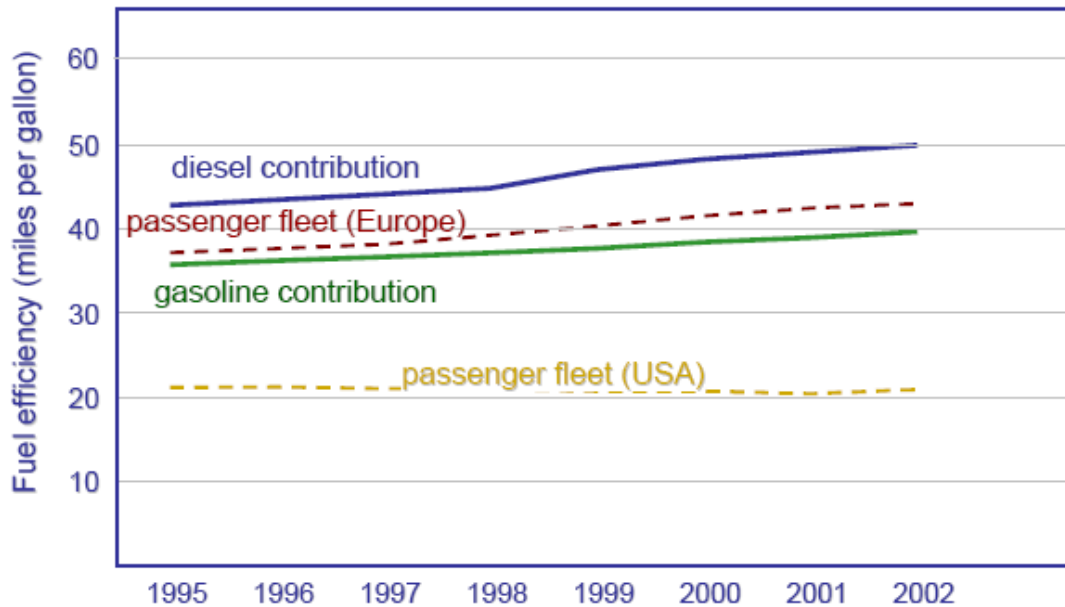
圖(十二) 各家 GTL 製程技術開發情況比較

## Addressing transportation fuel demand shift (diesel vs gasoline in Europe)



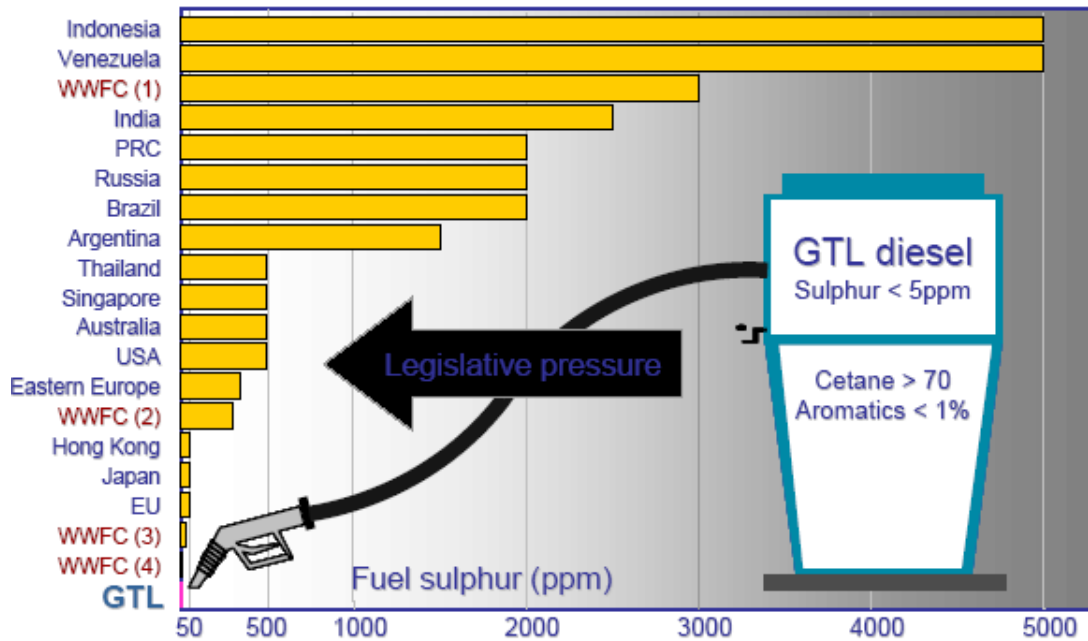
圖(十三) 歐洲汽柴油需求趨勢

## Delivering the fuel efficiency of diesel



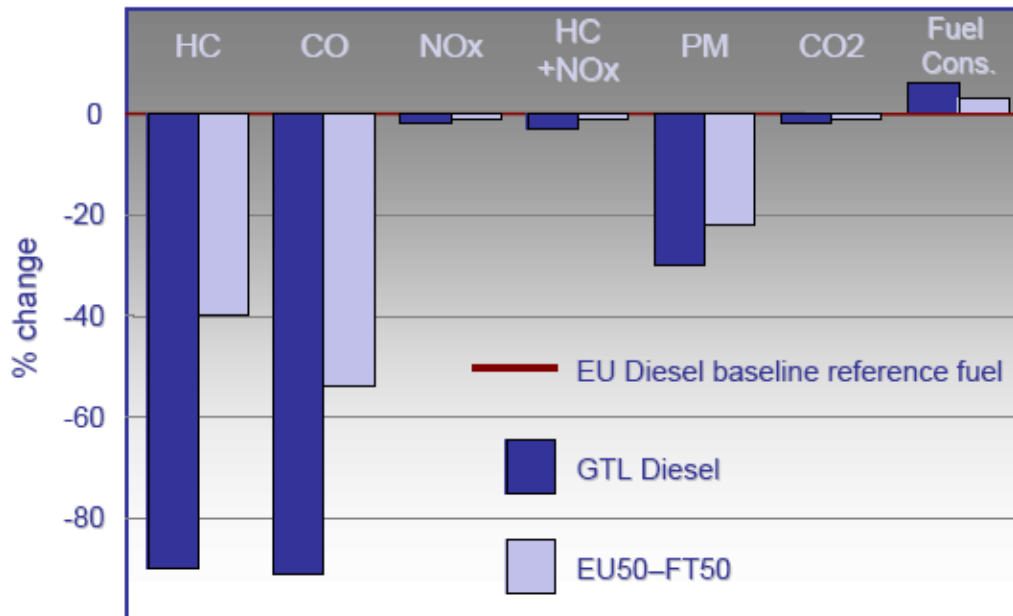
圖(十四)汽柴油燃料效率比較

## Exceeding new fuel quality demands



圖(十五) GTL 柴油品質

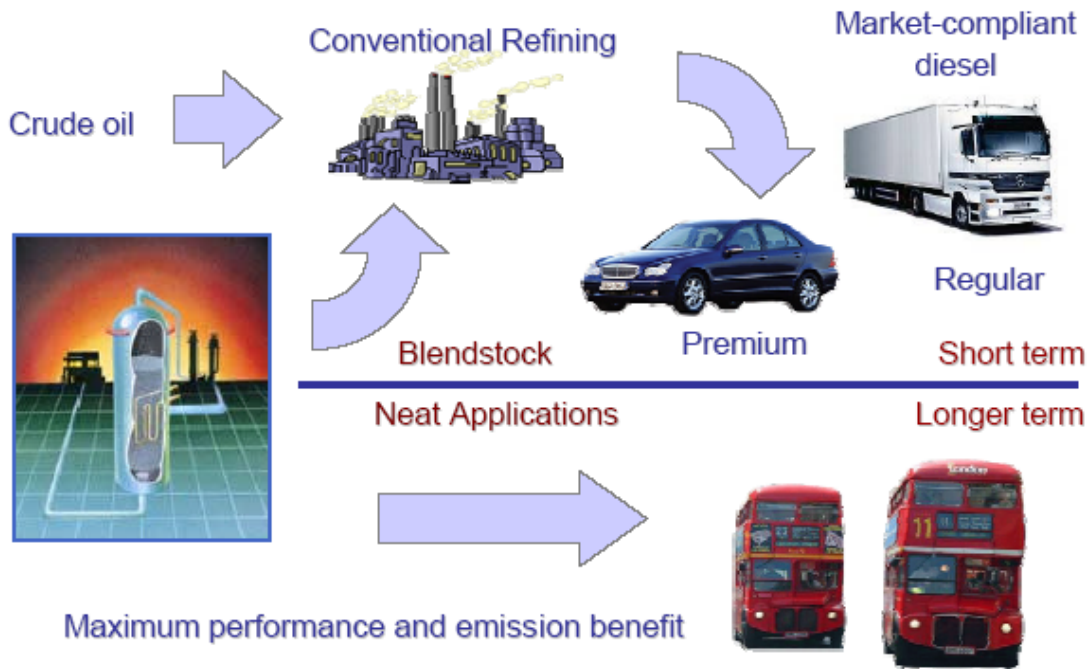
## Meeting new air quality demands



Results from passenger engine trials with Daimler Chrysler

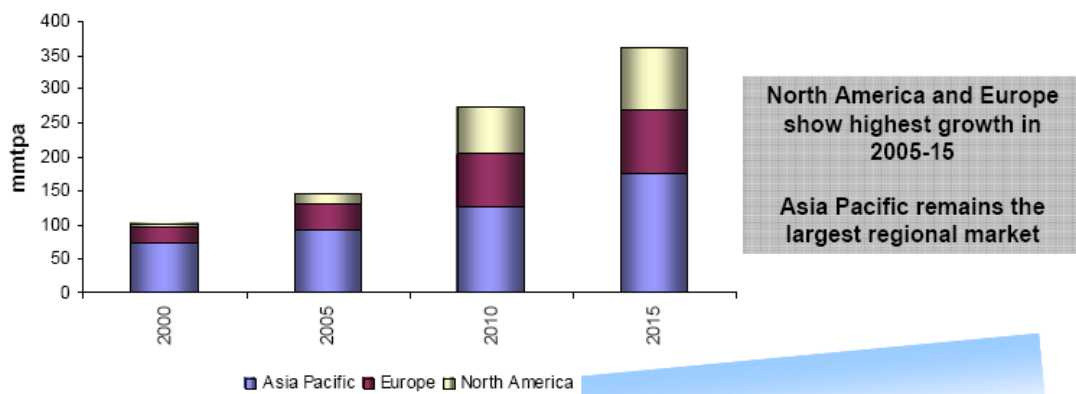
圖(十六) GTL 柴油與傳統柴油引擎試驗比較

## GTL diesel market channels



圖(十七) GTL 柴油之短長期之應用

## Strong growth in LNG demand is forecast

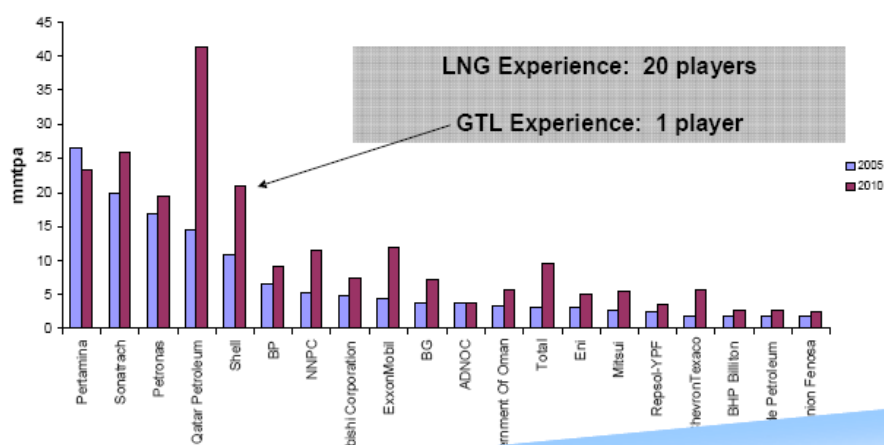


Source: Wood Mackenzie Global LNG Online (GLO)

**Economic growth; competitiveness of gas in power and falling domestic production drive LNG demand**

圖(十八) LNG 需求預測

## LNG is an established industry with multiple players active



Source: Wood Mackenzie Global LNG Online (GLO)

**LNG enjoys a (40 year) head start over GTL...but increasingly companies are comparing LNG with GTL**

圖(十九) LNG 活躍業者

## Comparison with LNG

LNG	GTL
<ul style="list-style-type: none"> <li>Need Long Term Contracts</li> <li>Supply Chain Infrastructure needed Regas Terminals and Ships</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fungible Commodities</li> <li>Do not necessarily need LT contracts</li> <li>Less infrastructure needed, but ongoing marketing skills are needed to maximise revenues.</li> </ul>

圖(二十) GTL 與 LNG 比較



## GTL Project Development Current project status

Project Drivers	Qatar	Nigeria
Stranded Gas	√	√
Ocean Access	√	√
Product Quality	√	√
Product Value	Oryx likely to benefit from high crude oil prices	Crude oil price linkage
Capital Investment	High at ~ US\$30 – 40 k/bpd capacity (Shell includes base oil)	Very high at >US\$60 k/bpd
Robust technology	Sasol and Shell are technology leaders	Sasol Chevron is technology provider
Operating costs	Operating costs higher than refiner (on US\$/bbl basis)	Operating costs higher than refiner (on US\$/bbl basis)

圖(二十一) GTL 商業化之評估



圖(二十二) 卡達興建中 GTL 商業化工廠