

國立臺北大學通識教育中心
「能源概論」通識課程
(Week 3)

進度：全球能源展望

NTPU

李育明

國立臺北大學
自然資源與環境管理研究所 教授

March 06, 2009

授課大綱

□ 能源相關概念

- 能源計量單位與單位換算
- 未來能源發展趨勢
- 溫室效應與全球暖化

□ 全球能源展望

■ 全球能源分布特性

- 初級能源
- 石油、煤、天然氣
- 水力與核能
- 再生能源

■ 結語



NTPU

能量的度量

- 度量衡：英制、公制
 - 英制：呎、磅、馬力...
 - 公制：米、公斤、瓦...
 - 數量級：千(k)、百萬(M)、毫(m)、微(μ)、奈(n)
 - 奈米：nm 十億分之一公尺
- 英制能量單位 (British System)
 - 英制熱能單位 (British Thermal Unit, BTU)
 - 馬力小時 (horsepower-hour)
- 公制能量單位：國際系統 (System International, SI)
 - 卡、千卡；焦耳
 - 千瓦小時 (瓩小時)...

能量的單位

- 當量：以初級能源熱含量為基底
 - 公秉油當量、公噸油當量
 - 公噸煤當量
- 個別能源的單位表示方式
 - 煤炭：以重量單位表示，即公噸、公斤、磅等
 - 原油、汽油、柴油等液體燃料：
以容積單位表示，即公秉、公升、加侖、桶 (42加侖)
 - 天然氣、石油氣等氣體燃料：
以體積單位表示，即立方公尺(m^3)、立方呎(ft^3)等
- 電力相關單位
 - 發電設備容量則以瓩 (kW)表示
 - 發電量則以瓩小時 (kWh)，俗稱“度”

常用能源單位的換算

- 熱量、動能：1卡路里 (卡) = 4.1868 焦耳
- 英制、公制：1 BTU = 1,055 焦耳 = 252 卡
- 電力、動能：1瓩小時 (kWh) = 3.6×10^6 焦耳
- 能源統計
 - 1公噸油當量 (TOE) = 1.04×10^7 仟卡
 - 1公秉油當量 (KLOE) = 0.92×10^7 仟卡
 - 1公噸煤當量 (TOC) = 0.64×10^7 仟卡
- 2006年能源消費總量
 - 中國大陸：24.6億噸標準煤當量
 - 台灣地區：12,276萬 (1.23億) 公秉油當量
 - 人均能源消費量： $(1.23 \times 0.92 / 0.23) / (24.6 \times 0.64 / 13) = 4.3$



能源小常識

功率單位說明

- W (Watt, 讀成瓦特或瓦), 為功率單位; G (讀成Giga) 表示 10^9 , GW表示十億瓦; M (讀成Mega) 表示 10^6 , MW表示百萬瓦; k (讀成kilo) 表示 10^3 , kW表示瓩 (讀成千瓦)。
- 1瓩的發電裝置連續發電1小時所產生的電力為1瓩小時, 俗稱1度電; 耗電功率1瓩的電器用品連續使用1小時所耗的電力也為1瓩小時。
- 由於能量有熱能、電力、動能……等各種形式, 能量單位通常亦會加註能量形式, GWth就表示熱功率百萬瓩。

能源常用 單位換算

符 號	說 明
g (公克)	Gram = 0.03527 ounces
Kg (公斤)	Kilogram = 1,000 grams = 2.205 pounds
T (公噸)	Ton (metric) = 1,000 kilograms = 2,205 pounds = 0.98421 long ton
M (公尺)	Meter = 3.28 feet = 39.37 inches
Cm (公分)	Centimeter = 1/100 meters = 0.3937 inches
Km (公里)	Kilometer = 1,000 meters = 0.621 miles
Km ² (平方公里)	Square kilometer = 100 hectares = 0.3861 square miles
M ³ (立方公尺)	Cubic meter = 1,000 liter = 35.31 cubic feet
L (公升)	Liter = 1,000 cubic centimeters = 0.2642 USA Gallons
ton (公噸原油)	ton = 1.16KL = 7.2964 barrels
Kl (公秉)	Kiloliter = 1,000 liters = 6.29 barrels
bbl (桶)	Barrel = 42 USA gallons = 0.15898 kiloliters
kcal (千卡)	Kilocalorie = 427 kilogram – meters = 3.968 B.T.U.=4.187KJ
kw (瓩)	Kilowatt = 1,000 watts
Mw (千瓩)	Megawatt = 1,000 kilowatts
Gw (百萬瓩)	Gigawatt = one million kilowatts
Kwh (度)	Kilowatt hour = 1,000 watt hours
Gwh (百萬度)	Gigawatt hour = one million kilowatt hours
kv (千伏特)	Kilovolt = one thousand volts
10 ⁶ (百萬)	One million
10 ⁹ (十億)	One billion = 1,000 million
10 ¹² (兆)	One trillion = 1,000 billion

Source: 能源統計手冊

能源產品 單位熱值

能源產品	單位Unit	熱值(千卡) Heating Value (kcal)	公升油當量LOE (9,000千卡 / 公升) (9,000kcal / liter)	Energy Product
煙煤 - 煉焦煤	-	-	-	Bituminous Coal-Coking Coal
自產	公斤(kg)	6,200	0.6889	Indigenous
進口	-	-	-	Imported
中鋼	公斤(kg)	7,200(至80年止)	0.8000	Steel
其他	公斤(kg)	7,380(自81年起)	0.8200	Steel
其他	公斤(kg)	6,800	0.7556	Others
煙煤 - 燃料煤	-	-	-	Bituminous Coal-Steam Coal
自產	公斤(kg)	6,200	0.6889	Indigenous
進口	-	-	-	Imported
中鋼	公斤(kg)	7,190	0.7989	Steel
其他	公斤(kg)	6,400	0.7111	Others
無煙煤	公斤(kg)	7,100	0.7889	Anthracite
亞煙煤	公斤(kg)	5,900	0.6556	Sub-bituminous Coal
焦炭	公斤(kg)	7,000	0.7778	Coke Oven Coke
煤球	公斤(kg)	3,800	0.4222	Patent Fuel
焦炭爐氣	立方公尺(m ³)	4,200	0.4667	Coke Oven Gas
高爐爐氣	立方公尺(m ³)	777	0.0863	Blast Furnace Gas
轉爐爐氣	立方公尺(m ³)	1,869	0.2077	Oxygen Steel Furnace Gas
原油	公升(liter)	9,000	1.0000	Crude Oil
添加劑	公升(liter)	9,000	1.0000	Additives
液化油	公升(liter)	8,900	0.9889	Liquid Oil
煉油氣	立方公尺(m ³)	9,000	1.0000	Refinery gas
液化石油氣	公升(liter)	6,000(至79年止)	0.6667	Liquefied Petroleum Gas (LPG)
	公升(liter)	6,635(自80年起)	0.7372	Liquefied Petroleum Gas (LPG)
丙烷混合氣	公升(liter)	6,520	0.7244	Propane Air (PA)
天然汽油	公升(liter)	6,700	0.7444	Natural gasoline
石腦油	公升(liter)	7,800	0.8667	Naphtha
車用汽油	公升(liter)	7,800	0.8667	Motor Gasoline
航空汽油	公升(liter)	7,500	0.8333	Aviation Gasoline
航空燃料油	公升(liter)	8,000	0.8889	Jet Fuel
煤油	公升(liter)	8,500	0.9444	Kerosene
柴油	公升(liter)	8,800	0.9778	Diesel Oil
燃料油	公升(liter)	9,200	1.0222	Fuel Oil
白精油	公升(liter)	9,000	1.0000	White Spirit
潤滑油	公升(liter)	9,600	1.0667	Lubricants
柏油	公升(liter)	10,000	1.1111	Asphalts
溶劑	公升(liter)	8,300	0.9222	Solvents
石蠟	公升(liter)	9,000	1.0000	Paraffin Wax
石油焦炭	公斤(kg)	8,200	0.9111	Petroleum Coke
其他石油產品	公升(liter)	9,000	1.0000	Other Petroleum Products
(自產)天然氣	立方公尺(m ³)	9,000(至79年止)	1.0000	(Indigenous) Natural Gas
	立方公尺(m ³)	8,900(自80年起)	0.9889	(Indigenous) Natural Gas
(進口)液化天然氣	立方公尺(m ³)	9,900	1.1000	(Imported) Liquefied Natural Gas
水力發電	度(KWh)	860	0.0956	Hydro Power
核能發電	度(KWh)	2,606	0.2896	Nuclear Power
火力發電	度(KWh)	火力發電廠平均熱效率	-	Thermal Power
地熱發電	度(KWh)	8,600	0.9556	Geothermal Power
太陽光電	度(KWh)	860	0.0956	Solar Photovoltaic
風力發電	度(KWh)	860	0.0956	Wind Power
電力(消費面)	度(KWh)	火力發電廠平均熱效率	-	Electricity consumption
太陽熱能	平方公尺·月 m ² ·month	39,780	4.4200	Solar Thermal

Source: 能源統計手冊

註：液化石油氣：1公斤 = 1.786公升 (至82年止)
 丙烷混合氣：1公斤(液態) = 1.095立方公尺 = 1.786公升
 = 1.818公升 (一般) } (自83年起)
 液化天然氣：1公斤(液態) = 1.320立方公尺(氣態) = 2.207公升(液態)
 1.867公升 (車用) }

石油產品容積 與重量換算表

產品名稱	公秉	公噸	千立方公尺	產品名稱	公秉	公噸	千立方公尺
成品天然氣	0.727	-	1	丙 烯	1.916	1	-
丙烷空氣混合氣	1	1.095	1	丁 二 烯	1	0.62	-
普通汽油	1	0.720	-	苯	1	0.8811	-
高級汽油	1	0.747	-	甲 苯	1	0.8691	-
航空汽油100/130	1	0.711	-	二 甲 苯	1	0.87	-
航空汽油115/145	1	0.695	-	對 二 甲 苯	1	0.8641	-
航空燃油 A	1	0.797	-	鄰 二 甲 苯	1	0.8811	-
航空燃油4號	1	0.763	-	石 油 焦 炭	1	2.06	-
航空燃油5號	1	0.797	-	正 戊 烷	1	0.626	-
煤 油	1	0.802	-	正 己 烷	1	0.669	-
普通柴油	1	0.8498	-	正 庚 烷	1	0.684	-
高級柴油	1	0.8304	-	氫	-	1	-
重 柴 油	1	0.931	-	硫 磺	0.5	1	11.2
燃 料 油	1	0.953	-	硫 酸	0.5	1	-
特級燃料油	1	0.942	-	炭 煙	0.5	1	-
低硫燃料油	1	0.9619	-	炭 煙 進 料 油	1	1.037	-
柏 油	1	1	-	甲基第三丁基醚	1	0.746	-
粗特種真空焦油	1	1.018	-	氫化塔底油	1	0.9542	-
石 油 腦	1	0.7401	-	氮	1	0.808	-
台肥進料油	1	0.7144	-	液 態 氮	1	0.808	-
潤 滑 油 (脂)	1	1	-	合 成 氣	1	0.306	-
甲 烷	1	0.25	-	一 氧 化 碳	1	0.801	-
乙 烷	1	0.45	-	異 丁 烷	1	0.564	-
丙 烷	1	0.5068	-	粗 臘	1	0.8438	-
丁 烷	1	0.5788	-	異 丙 醚	1	0.725	-
正 丁 烷	1.786	1	-	乙 炔	1	0.615	-
環 己 烷	1	0.7812	-	石油樹脂進料油	1	0.9279	-
乙 烯	2.273	1	-	異丁烯萃餘油	1	0.577	-
正烷烴進料油	1	0.802	-	正烷烴進料油	1	0.802	-

Source: 能源統計手冊

未來能源發展趨勢

□ 發展趨勢

- 開源、節流

- 綠色能源、替代能源、潔淨能源

□ 綠色能源：

- 再生能源

- 節約能源與提升能源效率

□ 替代能源

- 可替代現有常用能源 (如化石能源、核能等) 的能源

- 再生能源與燃料電池技術



未來能源發展趨勢

□ 新能源

- 化石能源的新興利用方式（例如煤氣化等）
- 再生能源的新利用（通常排除水力及風力）
- 氫能利用（包括燃料電池與核融合）
- 木質素或纖維素水解成五碳醣的利用等

□ 潔淨能源

- 指污染較少或二氧化碳排放較低的能源
- 例如天然氣（與石油、煤炭相比）、再生能源、核能（暫且不論放射性污染）

□ 氫能與氫經濟

- 燃料電池、核融合、木質纖維素



能源小常識

「綠色能源」是什麼？

既然稱為「綠色」，就表示它符合環境保護的要求，也符合讓全球人類「永續發展」的標準。是的！儘管它也是能源的一種，但是和我們印象中儲量有限、會產生污染的傳統化石能源並不同，因為它增加溫室氣體的可能性非常低，危及生態環境的影響也甚小！

這些所謂的「綠色能源」，大致上分為兩類：

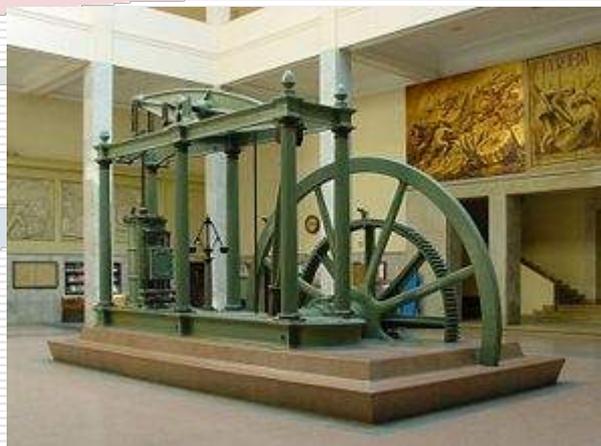
1. 再生能源：太陽能、生質能、風力、地熱能、水力、海洋能等。
2. 節能與提升能源效率：像是節能設計的綠建築，或是高效率、低污染的「新能源技術」，例如高效率熱能利用技術、燃料電池、潔淨氫能等。

運用這些綠色能源，地球才將有機會朝向美麗的新世界邁進。

在這裡，也一併釐清「替代能源」、「新能源」、「潔淨能源」三個常見的名詞。所謂的「替代能源」，指的是可替代現有常用能源（如化石能源、核能等）的能源，主要為再生能源與燃料電池技術；「新能源」，是指化石能源的新興利用方式（例如煤氣化等）、再生能源的新利用（通常排除水力及風力）、氫能利用（包括燃料電池與核融合）、木質素或纖維素水解成五碳糖的利用等；至於「潔淨能源」則是指污染較少或二氧化碳排放較低的能源，例如天然氣（與石油、煤炭相比）、再生能源、核能（暫且不論放射性污染）

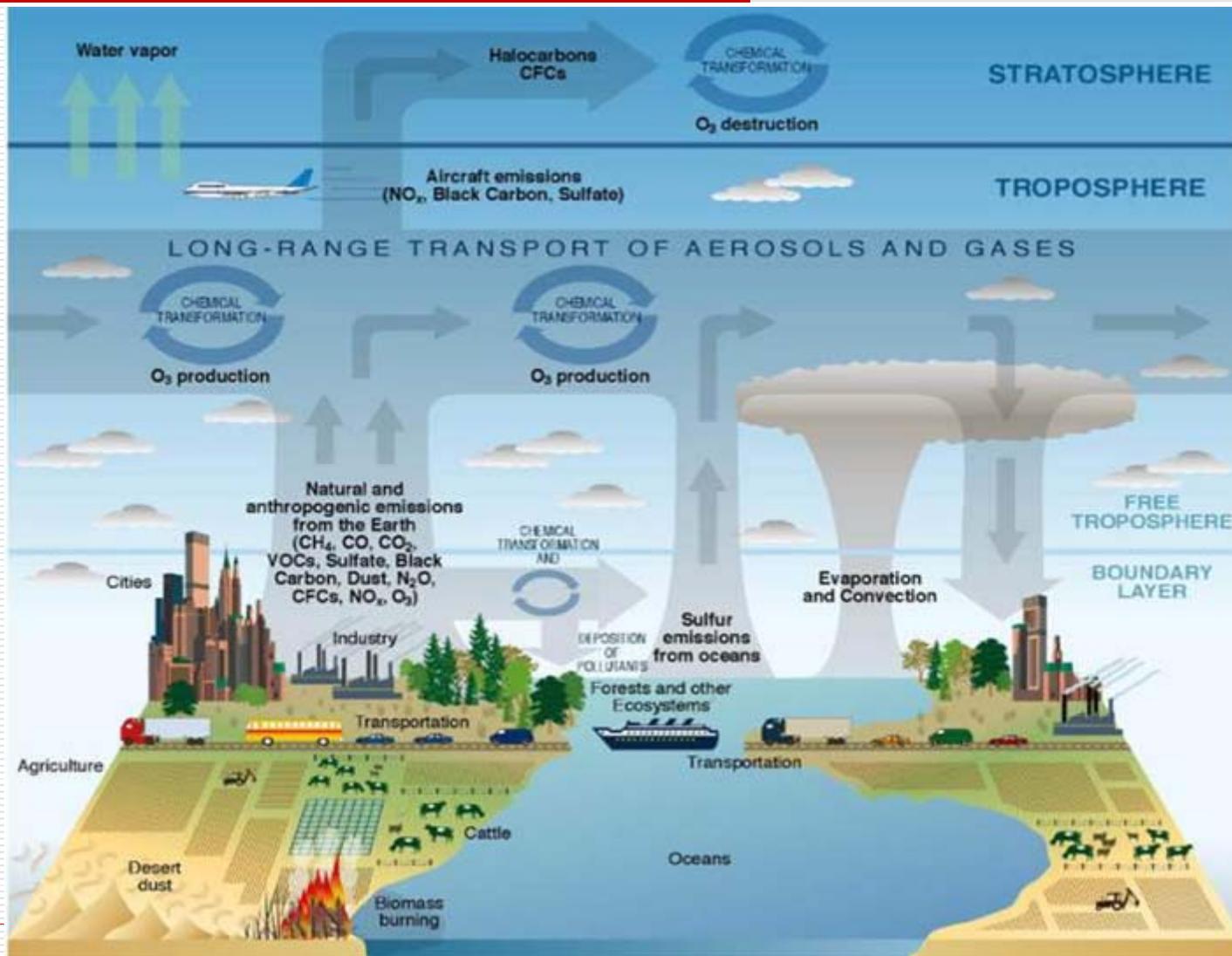
能源利用與人類文明

- 工業革命 (1759-)
 - 機械能取代獸力與人力
 - 燃煤鍋爐產生水蒸氣
- 自石油中提煉煤油 (1852-)
 - 取代鯨油
 - 照明、取暖
 - 石油化學工業
- 石油危機
 - 原油供應減少
 - 油價上漲
- 溫室氣體與全球暖化

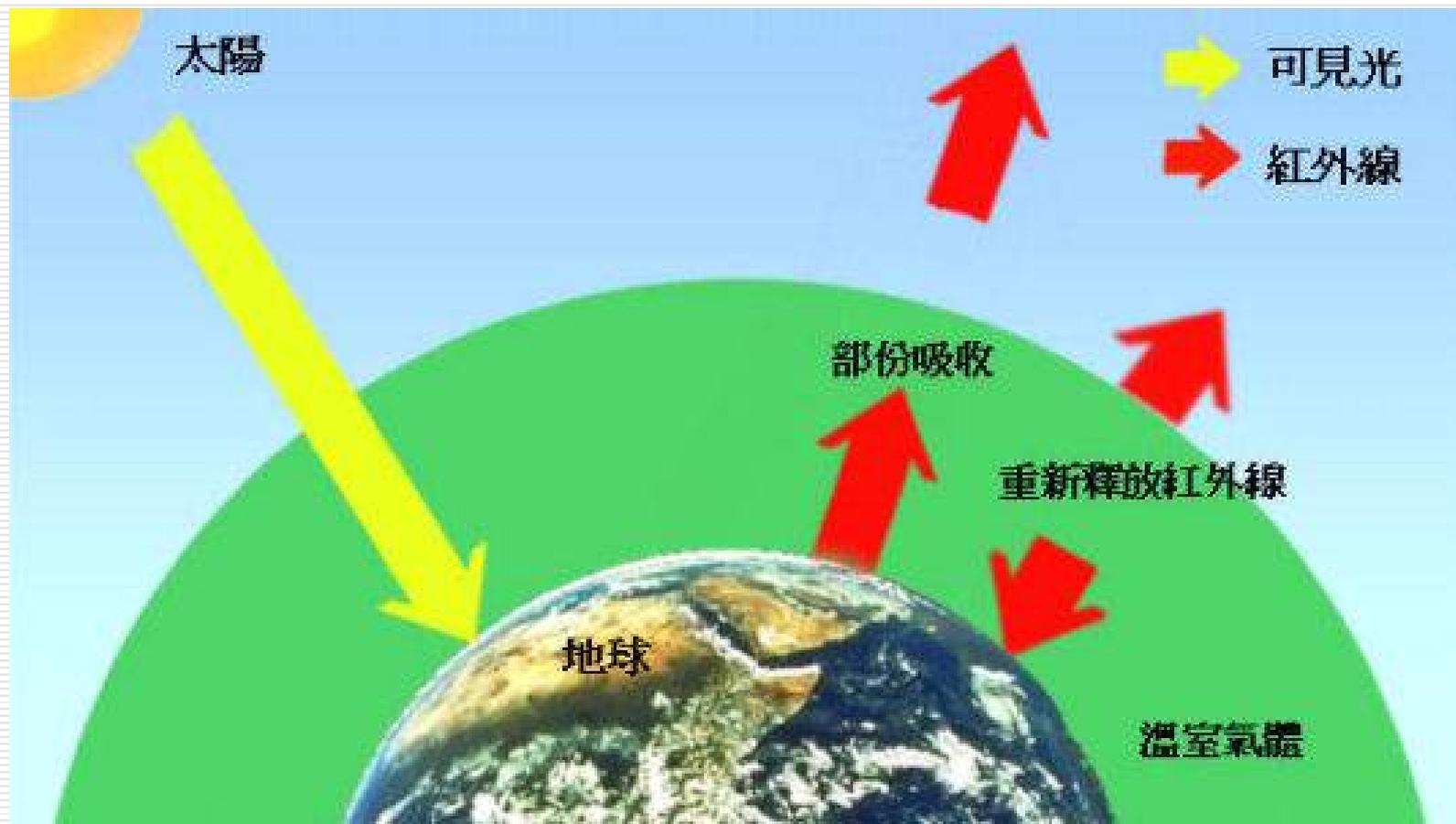


瓦特所發明的蒸汽機

臭氧層破壞：氟氯碳化合物



溫室效應



若無溫室效應，地球表面的平均溫度預估為： -18°C (目前約為 15°C)

(http://www.weather.gov.hk/climate_change/global_warming_c.htm)

溫室氣體及其來源



能源小常識

人類所產生的溫室氣體

燃燒石油、煤炭、天然氣→二氧化碳 (CO_2)

農業活動、垃圾掩埋→甲烷 (CH_4)、氧化亞氮 (N_2O)

舊型滅火器、舊型冰箱及冷氣機→氟氯碳化物 (CFCs)

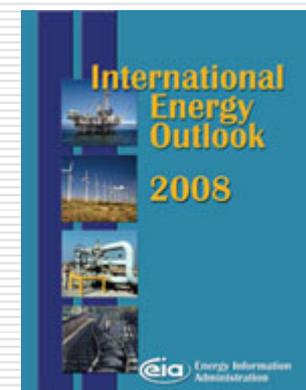
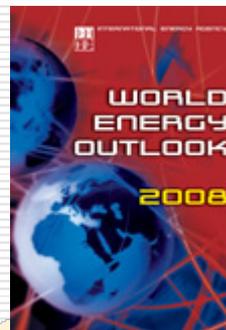
鋁製品、半導體製程→氟碳氫化物 (HFCs)

電力設備、半導體製程、鎂製品→六氟化硫 (SF_6) 或全氟化物 (PFCs)

全球能源展望

□ 統計資料來源

- International Energy Agency
World Energy Outlook
(<http://www.iea.org>)
- Energy Information Administration
International Energy Outlook
(<http://www.eia.doe.gov/>)
- British Petroleum
Statistical Review of World Energy
(<http://www.bp.com>)



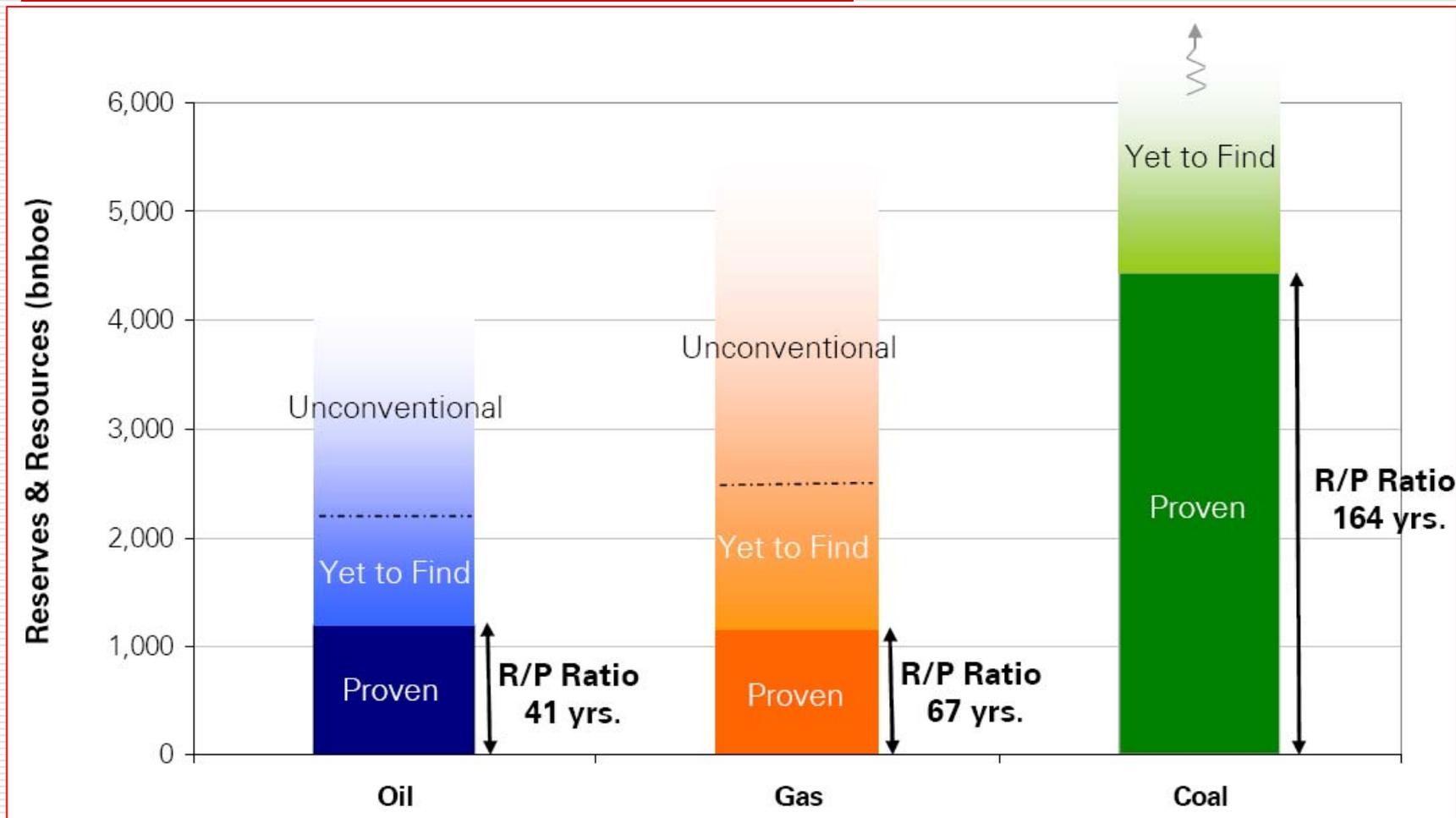
□ 化石燃料可開採年限

- 蘊藏量、年開採量
- R/P Ratio



BP Statistical Review
of World Energy
June 2008

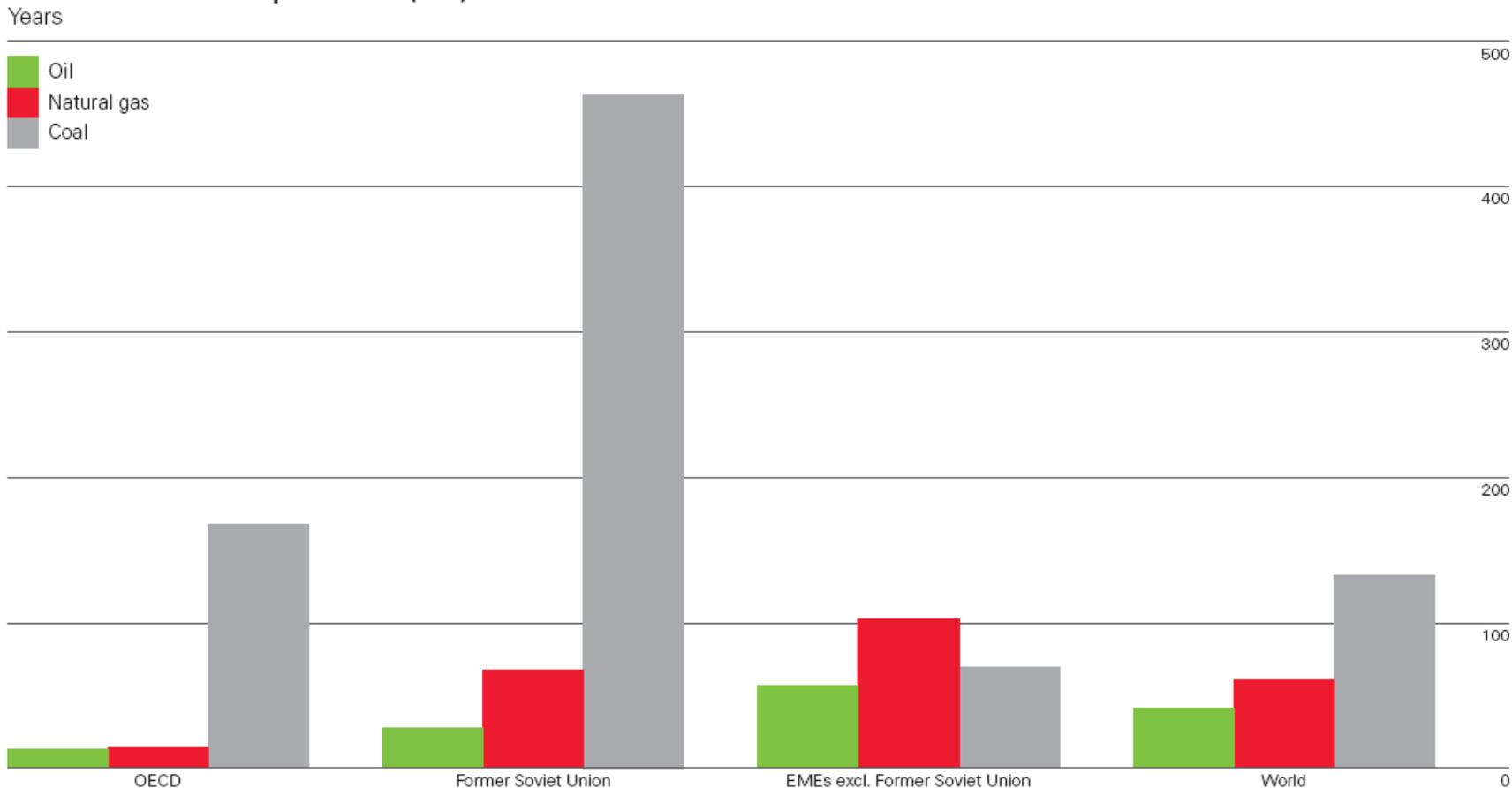
全球化石燃料可開採年限 (R/P ratio) 示意圖



R/P Ratio = Reserve / Production (2005)

各地區化石燃料可開採年限 (2007)

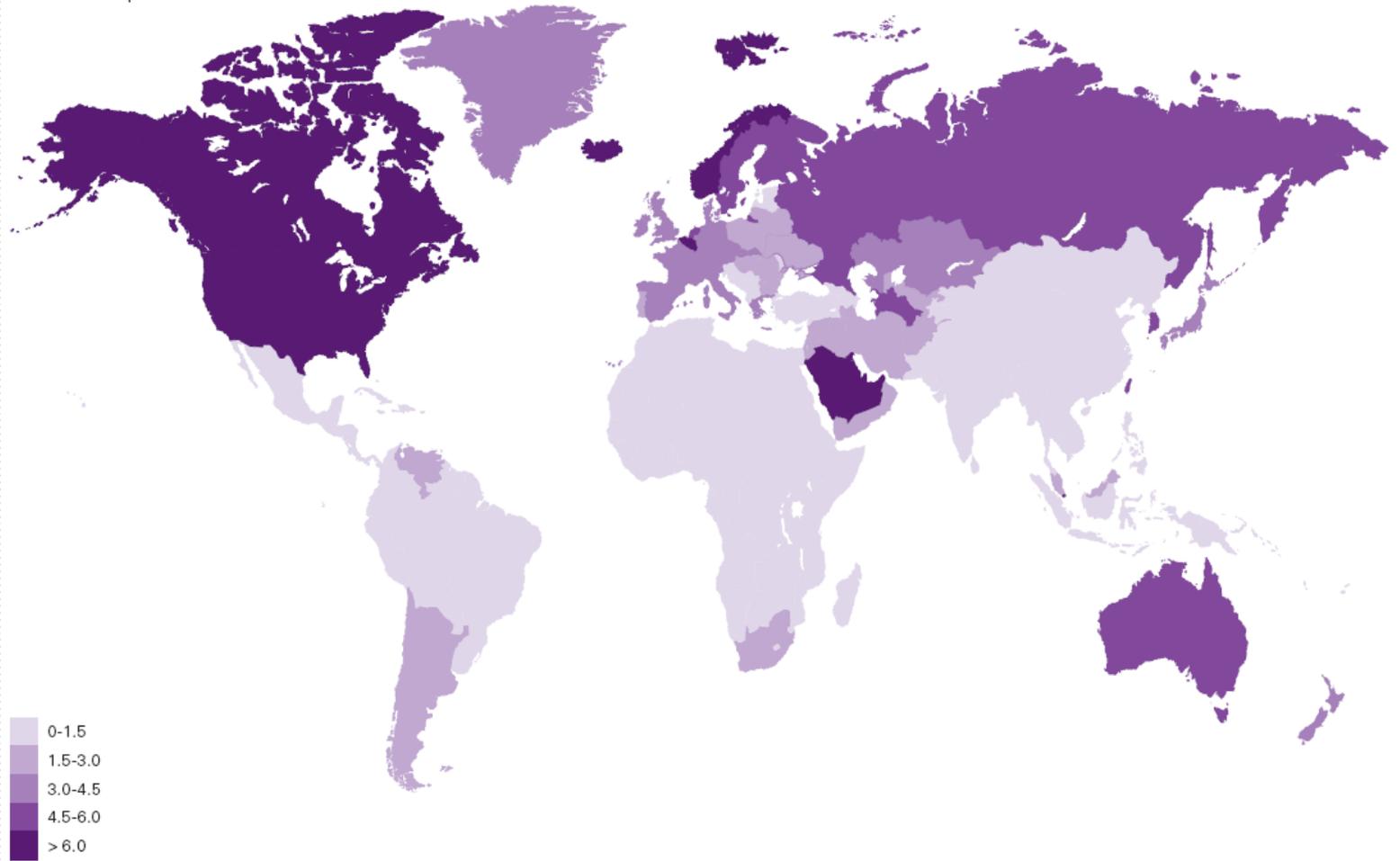
Fossil fuel reserves-to-production (R/P) ratios at end 2007



Coal remains the world's most abundant fossil fuel, with an R/P ratio of more than 130 years. In addition to being cost-competitive, coal has emerged as the world's fastest-growing fuel in part because reserves are located in key consuming countries.

初級能源人均消費量 (公噸油當量/人)

Consumption per capita 2007
Tonnes oil equivalent



Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

初級能源消費型態

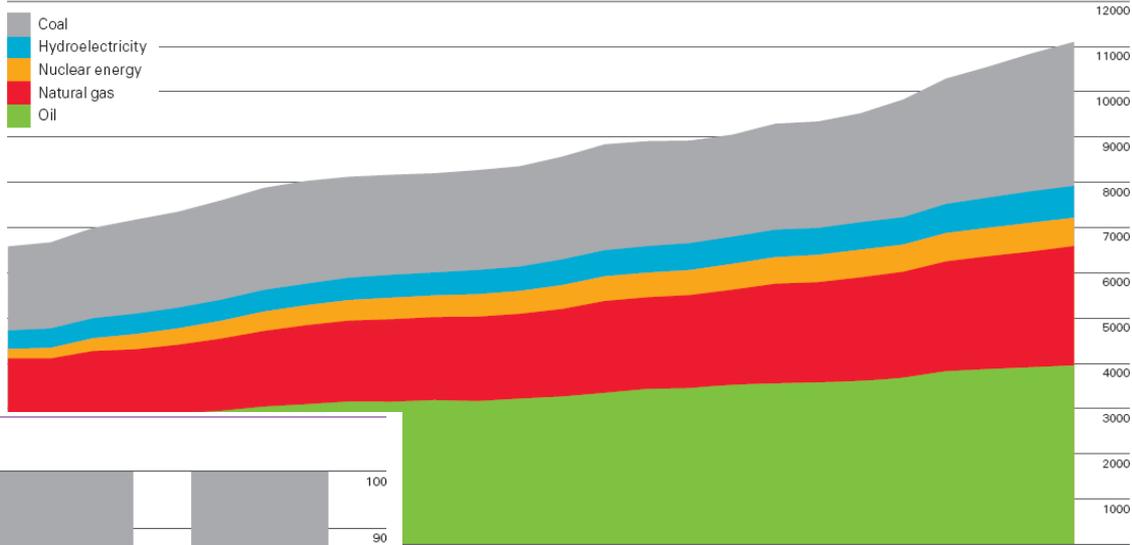
消費型態

- 石油仍為主要消費
- 其次為煤與天然氣
- 水力與核能比例較低

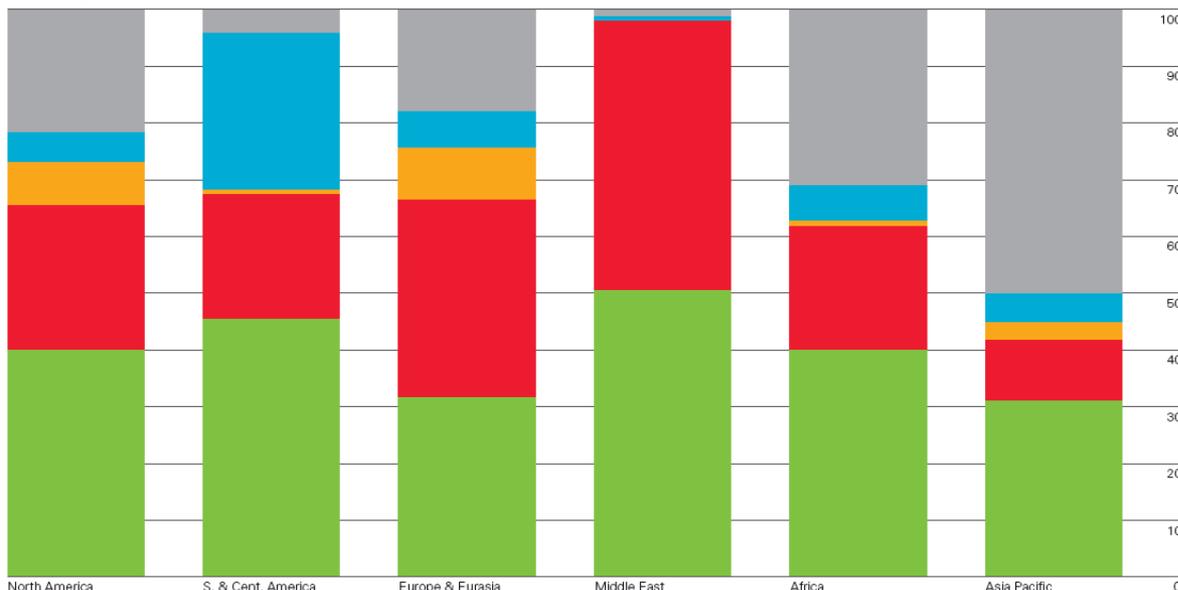
各地區特色

- 亞太地區：煤
- 中東地區：油、氣

World consumption
Million tonnes oil equivalent



Regional consumption pattern 2007
Percentage



Oil remains the dominant fuel in all regions except Europe and Eurasia and Asia Pacific. Coal dominates in Asia Pacific, primarily because it meets 70% of China's energy needs. Gas remains the dominant fuel in Europe and Eurasia even though gas consumption in the region was weak in 2007.

of 2.4% was still above the 10-year average. Coal remained the fastest-growing fuel, but oil consumption bal market share for six consecutive years, while coal has gained market share for six years.

Source: BP Statistical Review
of World Energy 2008

全球能源分佈與消費概況

□ 能源消費

- 主要集中於北美洲與中東
- 其次為歐洲與澳洲
- 亞洲、中南美洲與非洲消費量持續增加
- 能源消費與開發程度密切相關

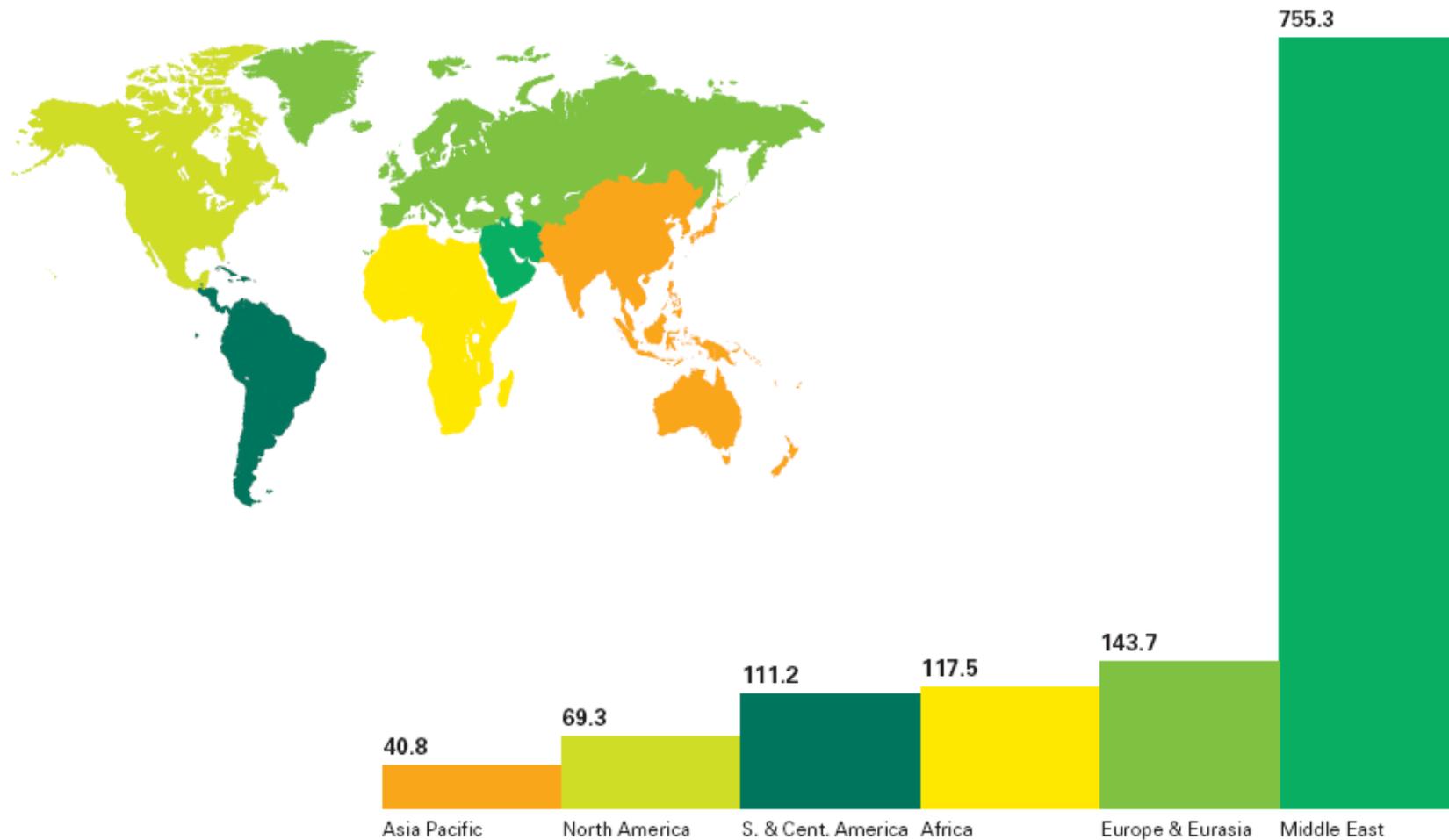
□ 各種能源需求成長

- 石油的需求呈緩和成長
- 煤與天然氣有較高的需求成長
- 水力發展已趨飽和，核能發電則仍有疑慮，兩者所佔全球能源消費的比重相對降低

石油蘊藏與區域分布



Proved reserves at end 2007
Thousand million barrels



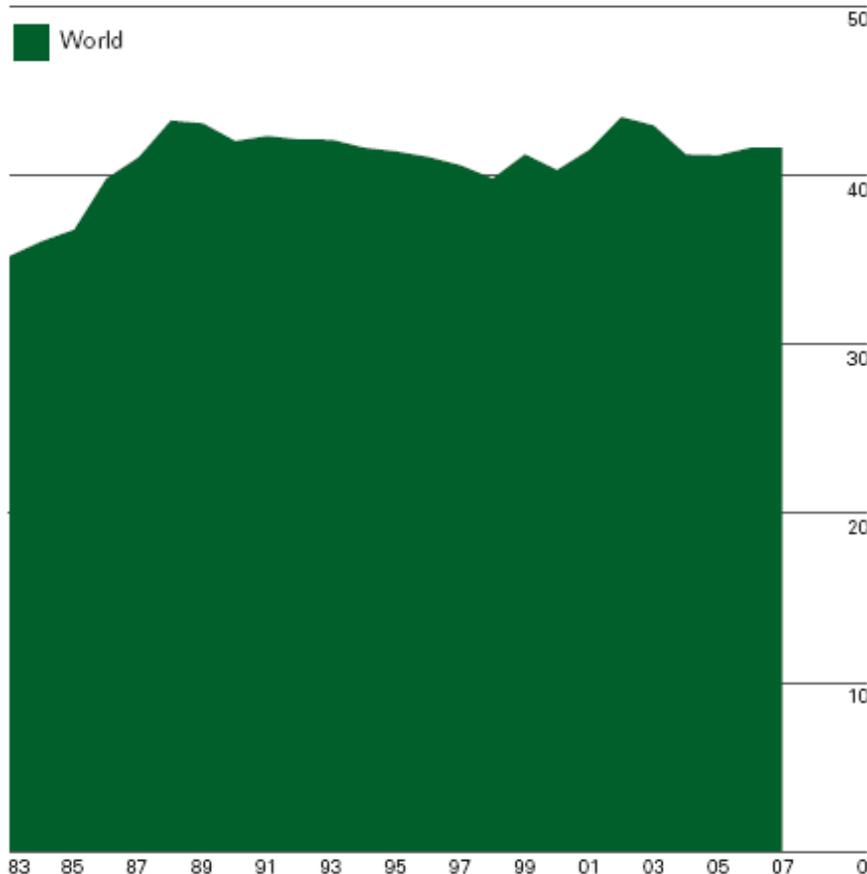
Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

石油蘊藏與開採情形

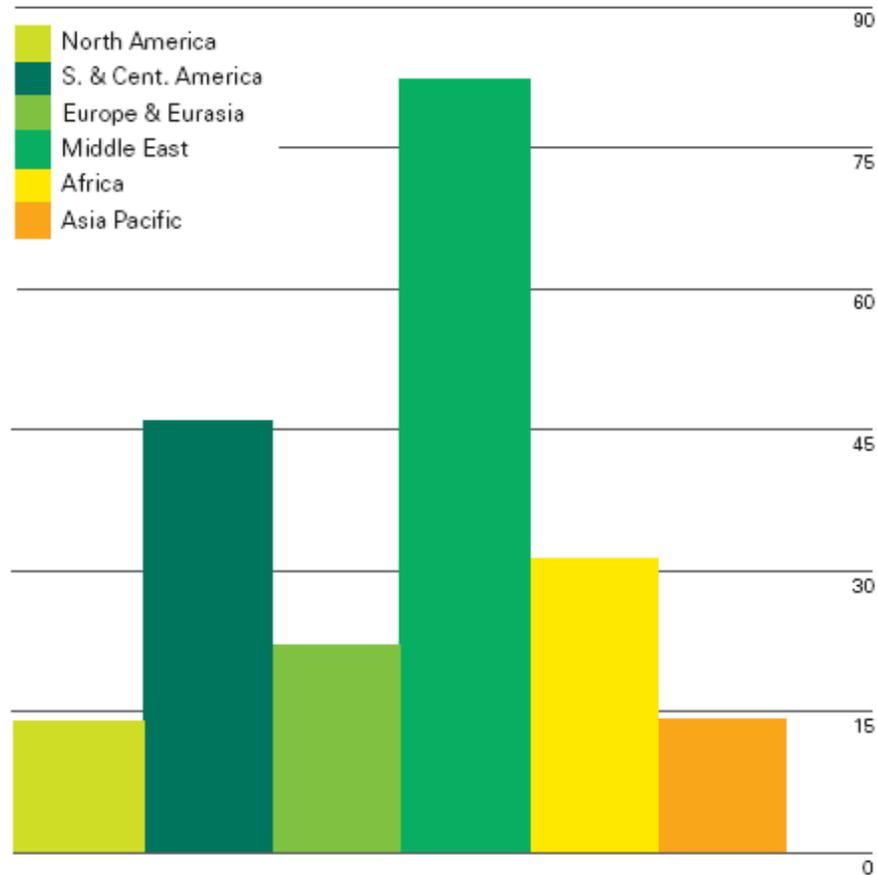


Reserves-to-production (R/P) ratios

Years



2007 by region

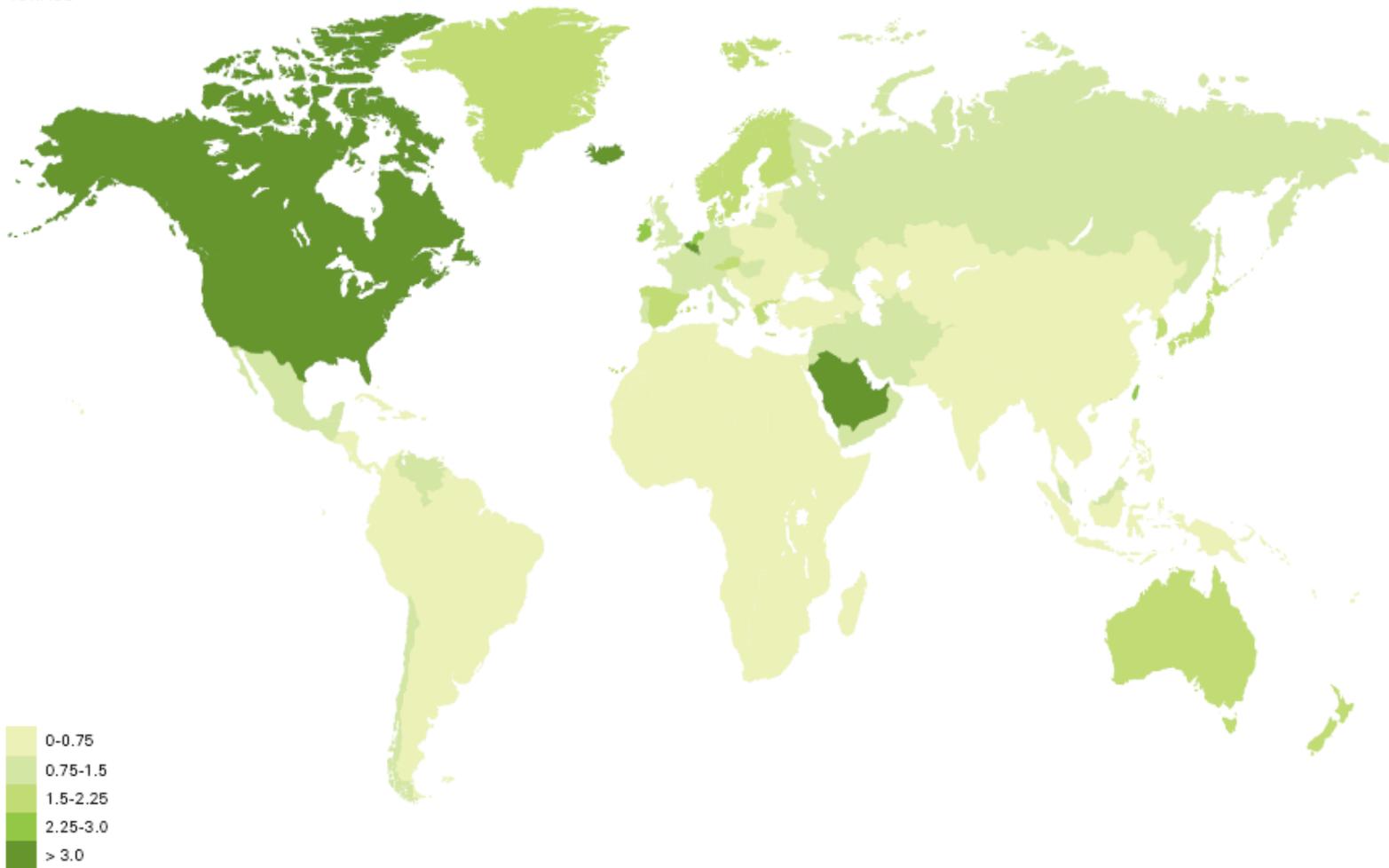


The world's proved oil reserves edged lower in 2007 and the R/P ratio of 41.6 years was unchanged in the face of declining oil production. The level of reserves fell by 1.6 billion barrels in 2007 due to declines in Mexico, Syria, Qatar and Norway, which were partly offset by increases in Brazil, Egypt and Russia.

人均石油消費量 (公噸油當量/人)



Consumption per capita 2007
Tonnes



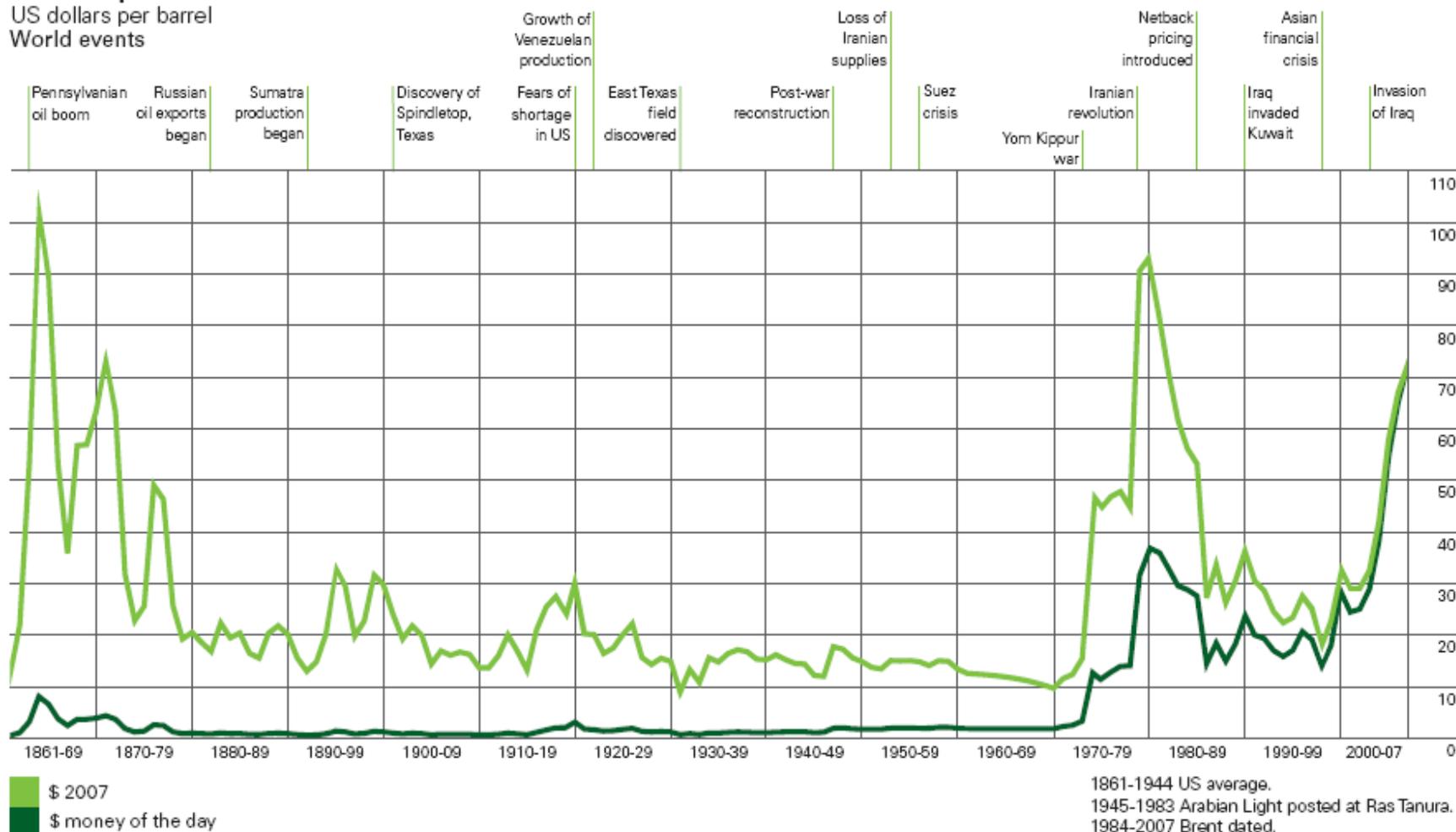
Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

1861年以來的油價



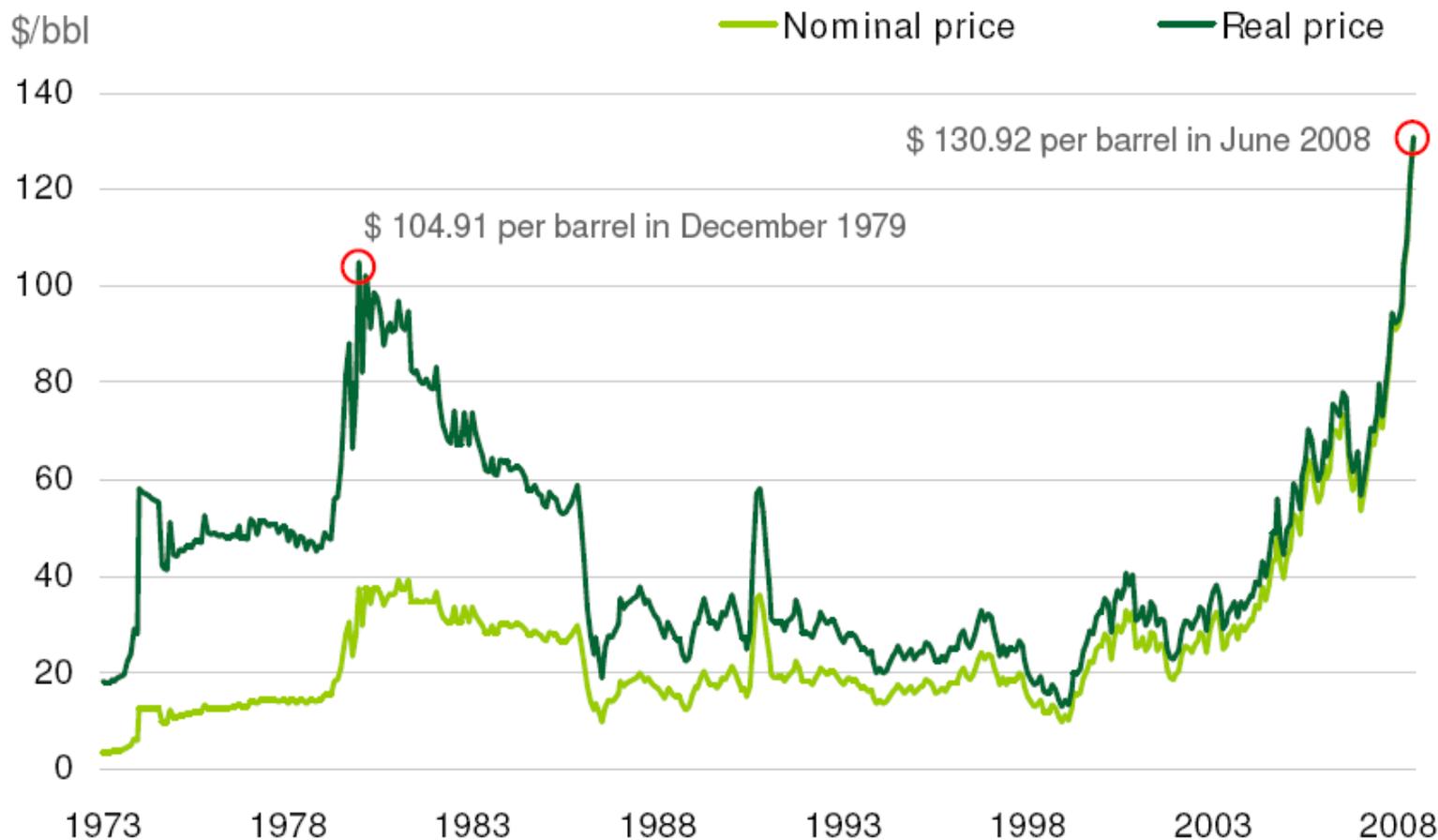
Crude oil prices 1861-2007

US dollars per barrel
World events



Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

Real and Nominal Crude Oil Price



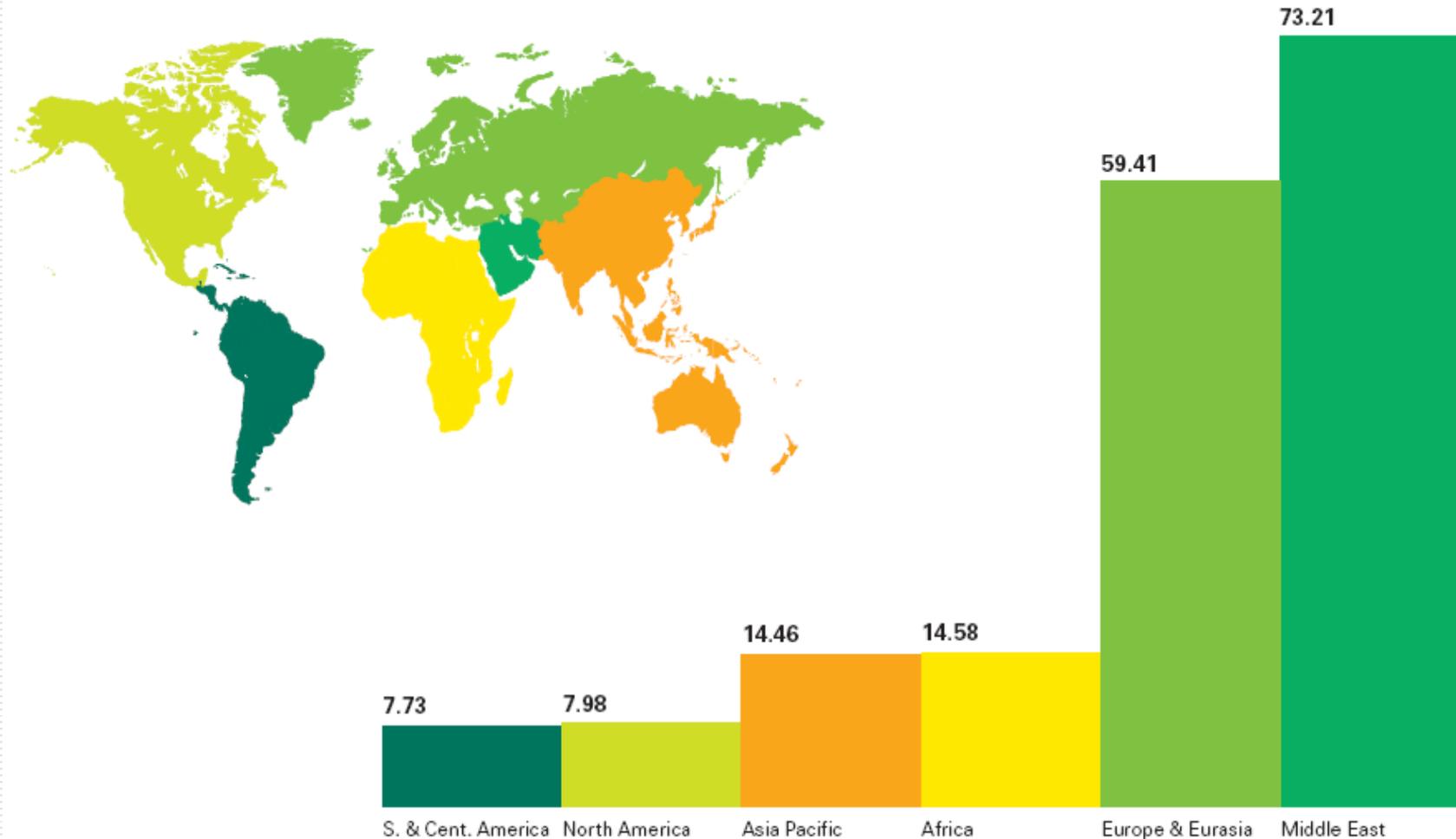
BP Statistical Review of World Energy 2008

© BP 2008

天然氣蘊藏與區域分布



Proved reserves at end 2007
Trillion cubic metres

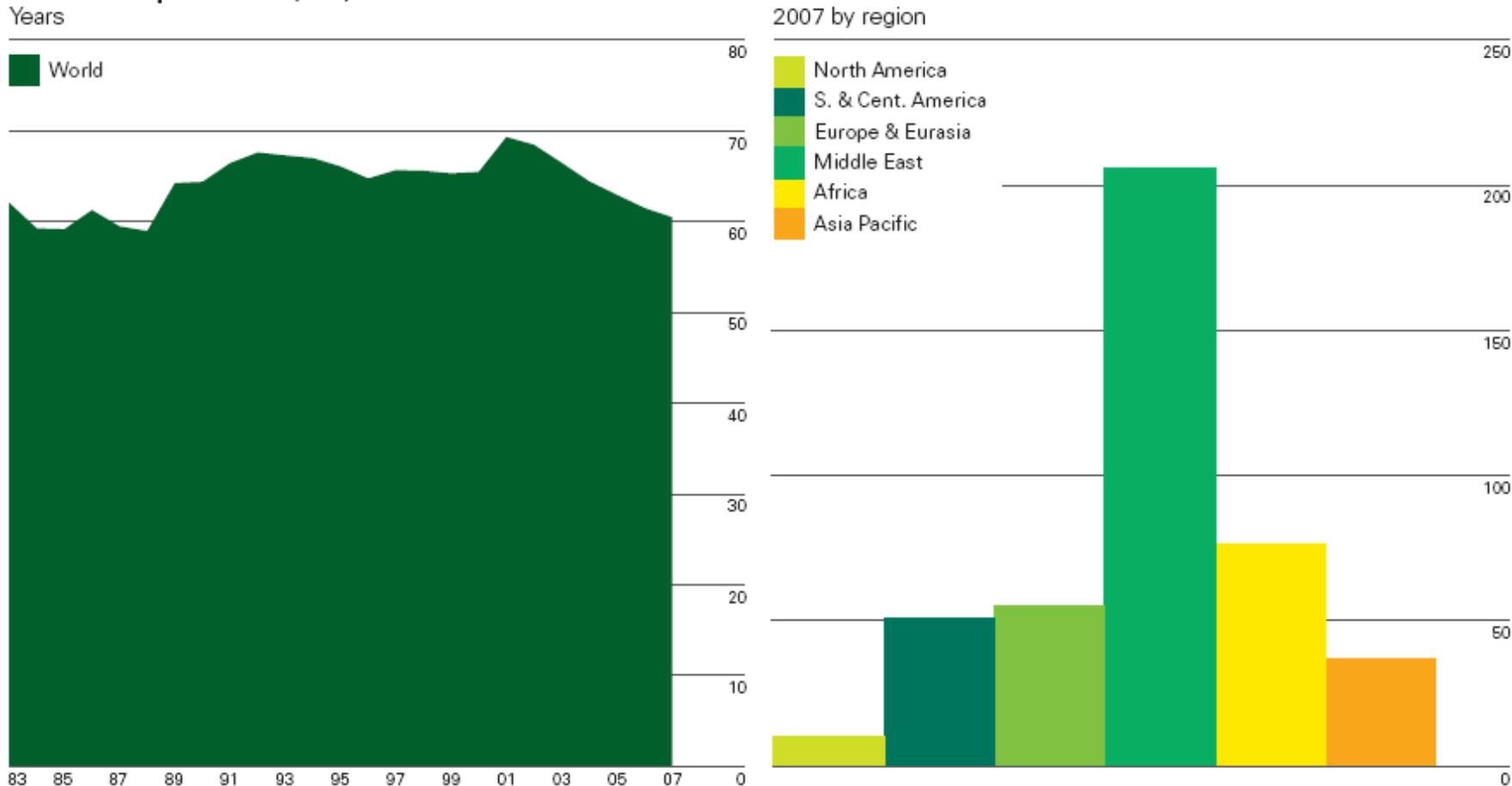


Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

天然氣蘊藏與開採情形



Reserves-to-production (R/P) ratios

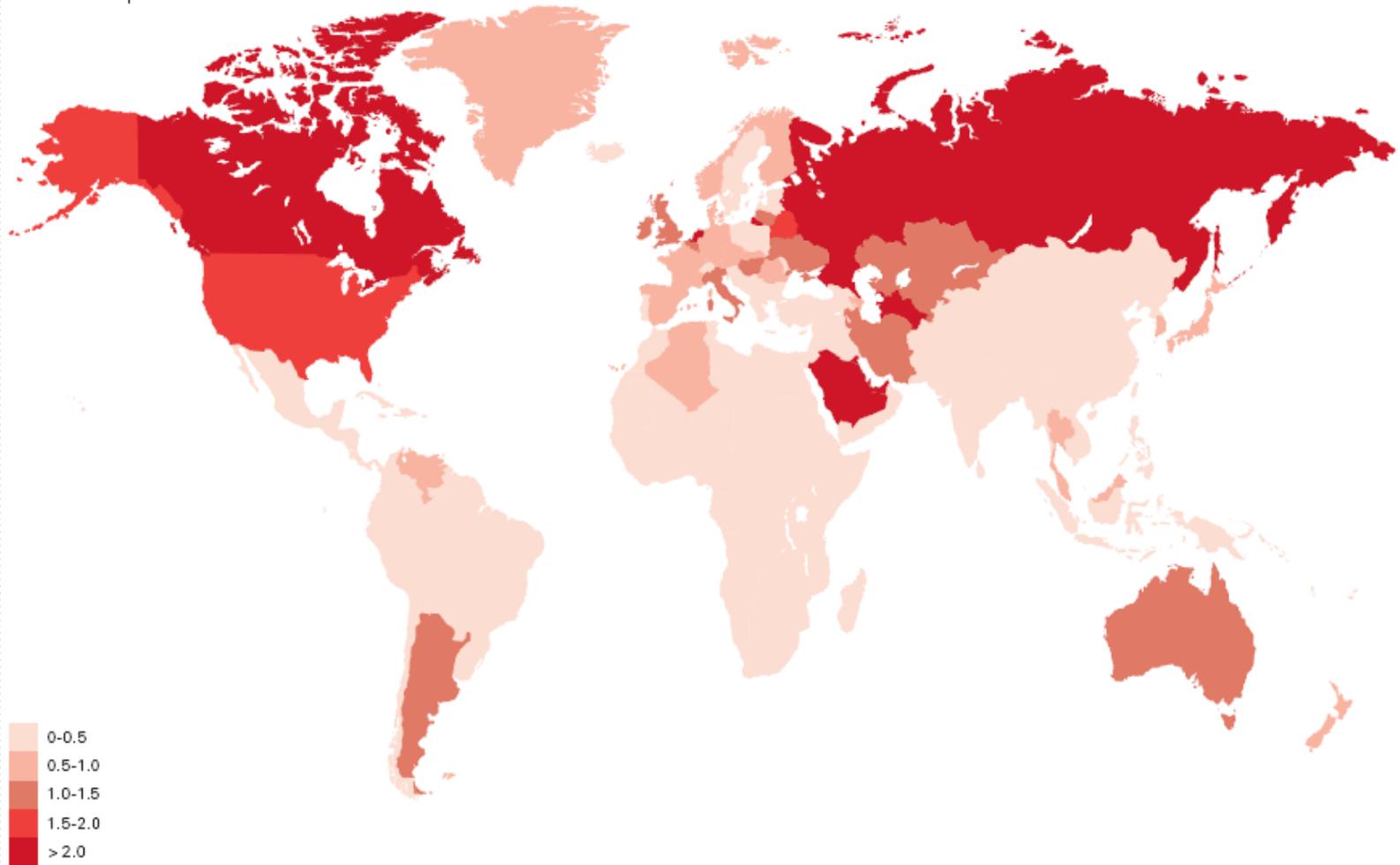


The world's natural gas R/P ratio declined to 60.3 years in 2007, even though reserves increased by more than 1 trillion cubic metres. Increases in Indonesia, Iran and China accounted for most of the growth.

人均天然氣消費量 (公噸油當量/人)



Consumption per capita 2007
Tonnes oil equivalent

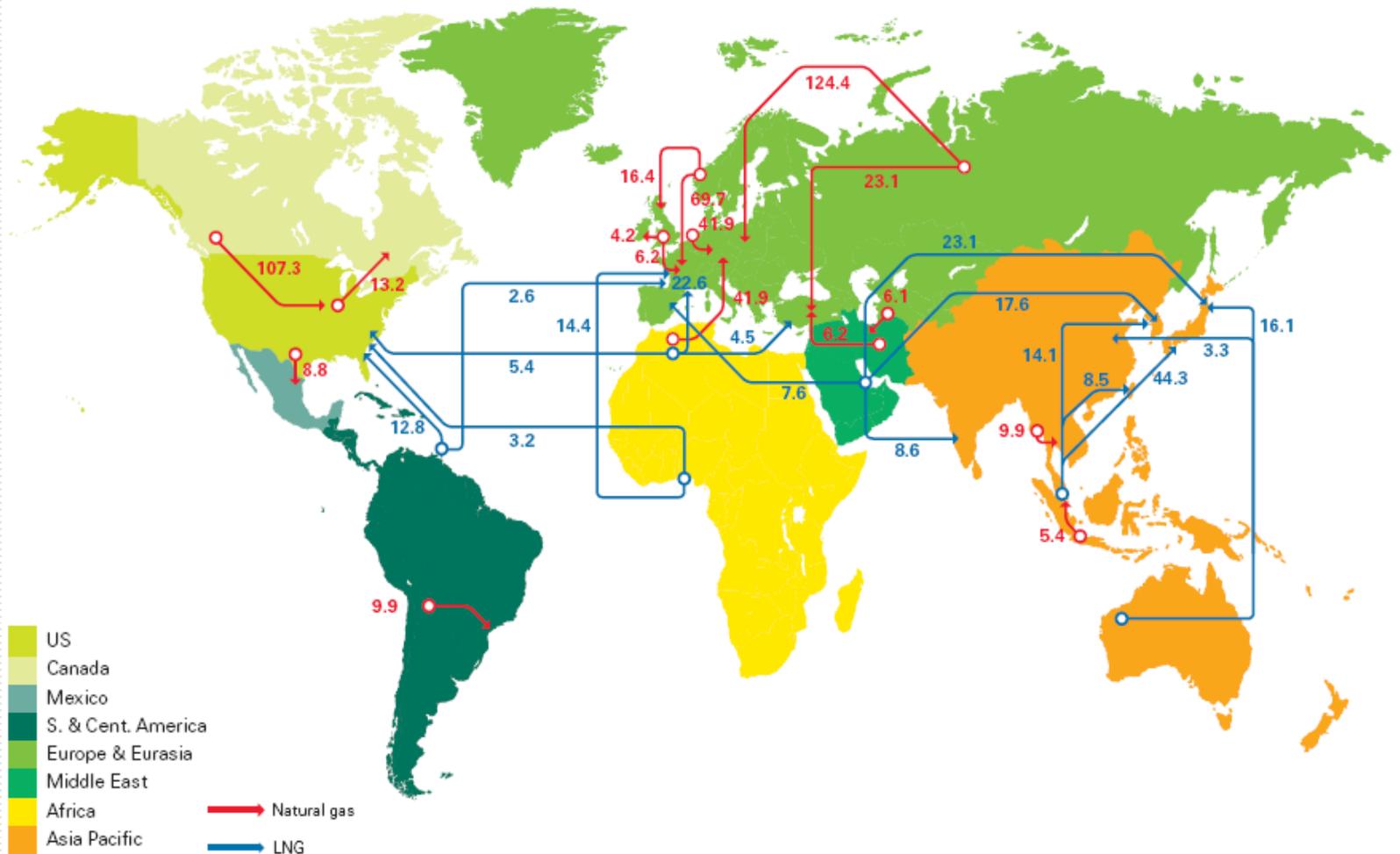


Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

天然氣輸送路線

Major trade movements

Trade flows worldwide (billion cubic metres)



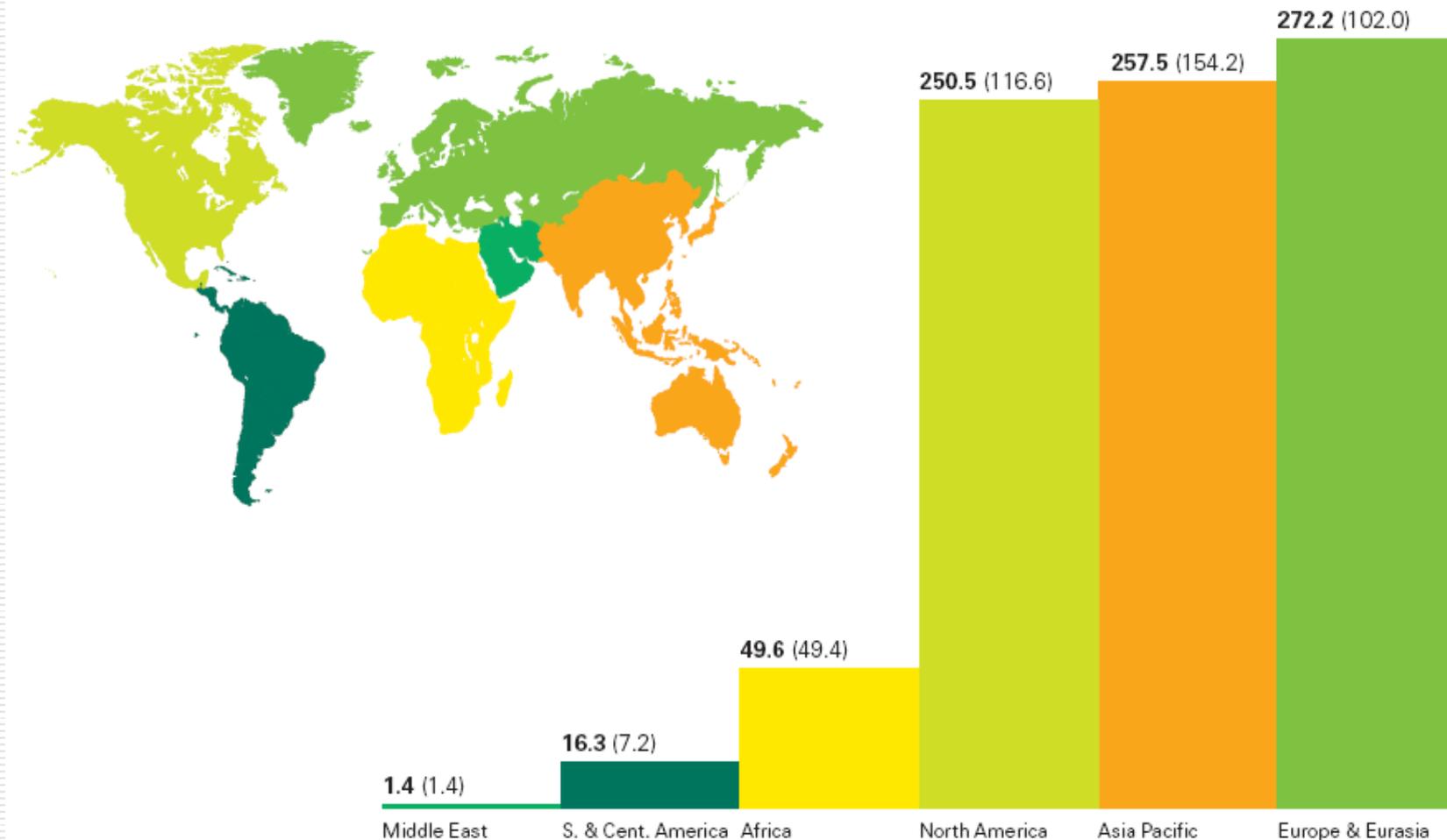
Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

煤炭蘊藏與區域分布



Proved reserves at end 2007

Thousand million tonnes (anthracite and bituminous coal shown in brackets)



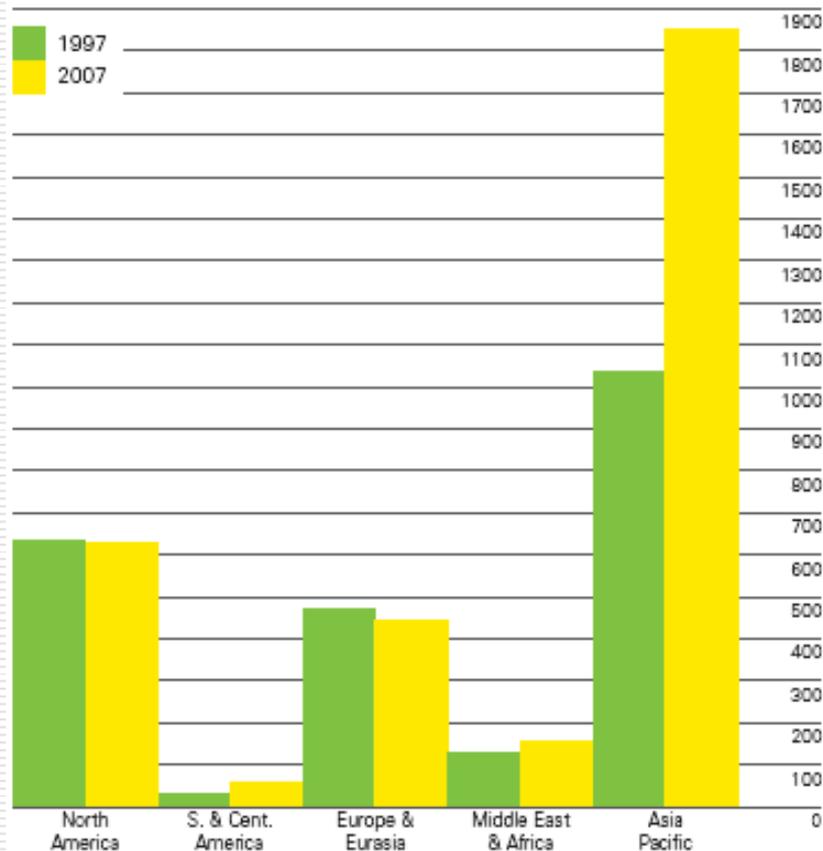
Source: BP Statistical Review of World Energy 2008

煤炭開採與消費情形



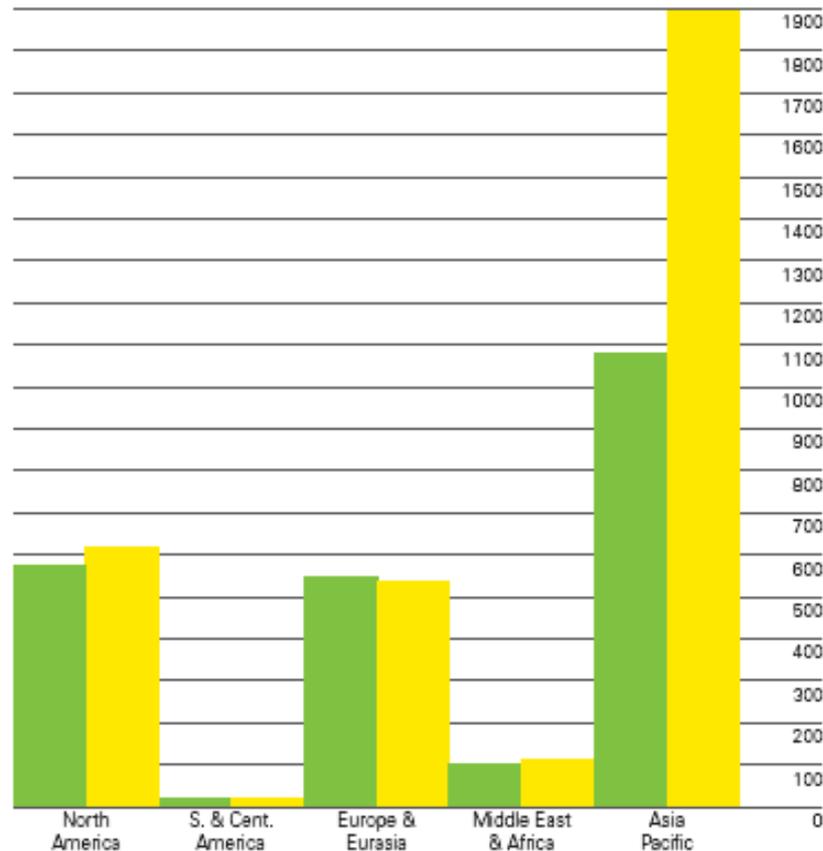
Production

Million tonnes oil equivalent



Consumption

Million tonnes oil equivalent

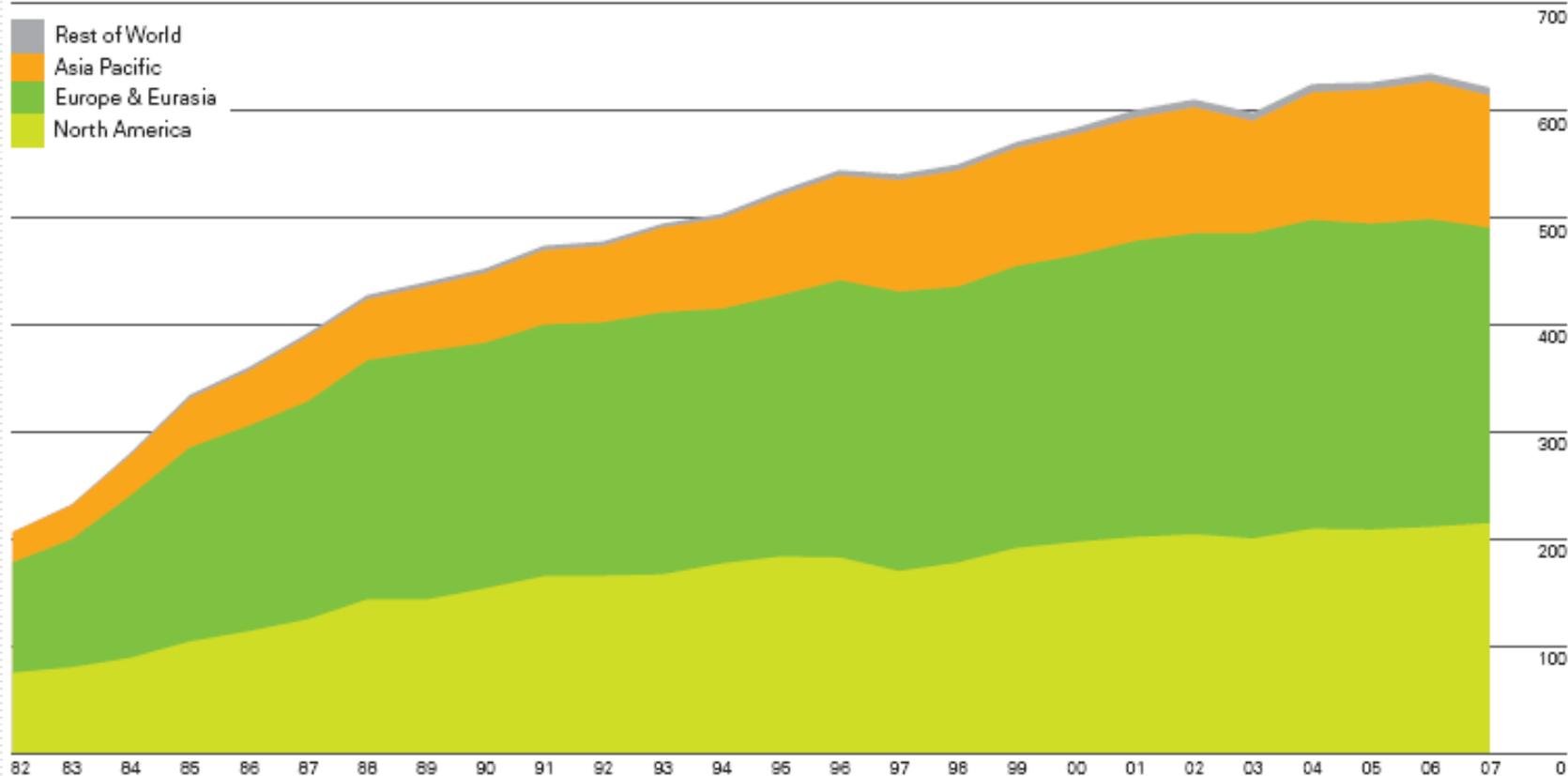


World coal consumption grew by 4.5%, well above the 10-year average. Coal was the world's fastest-growing fuel for the fifth consecutive year. Growth was above average in all regions except the Middle East. Chinese consumption growth accounted for more than two-thirds of global growth.

各地區核能消費情形 (公噸油當量/人)



Consumption by region
Million tonnes oil equivalent

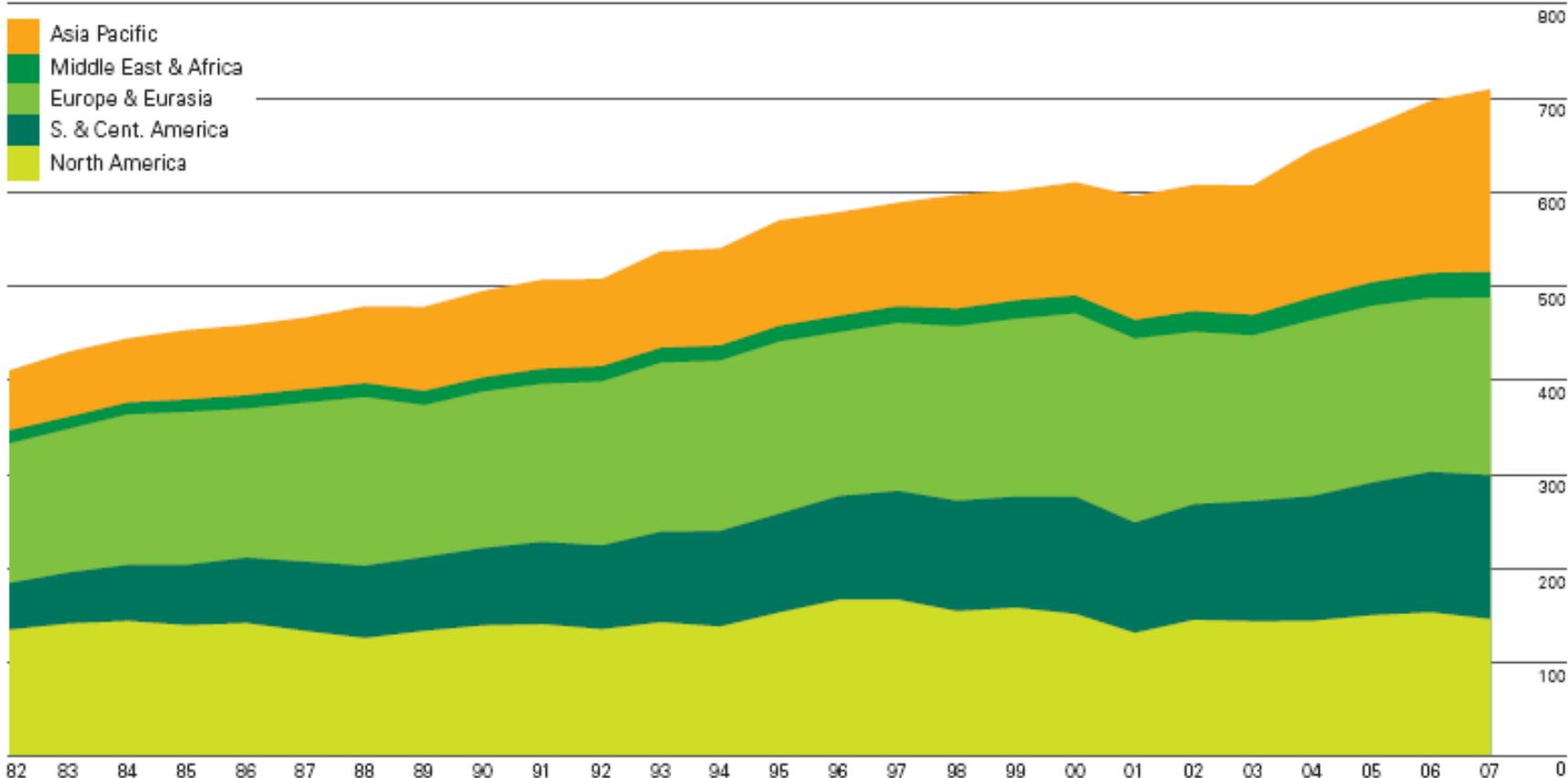


Global nuclear power generation experienced the largest decline on record, falling by 2%. More than 90% of the net decline was concentrated in Germany and Japan.

各地區水力發電消費情形 (公噸油當量/人)



Consumption by region
Million tonnes oil equivalent



Growth in global hydroelectric power generation was 1.7%, slightly below the historical average. New capacity in China and Brazil and improved rainfall in Canada and northern Europe offset drought conditions in the US and southern Europe.

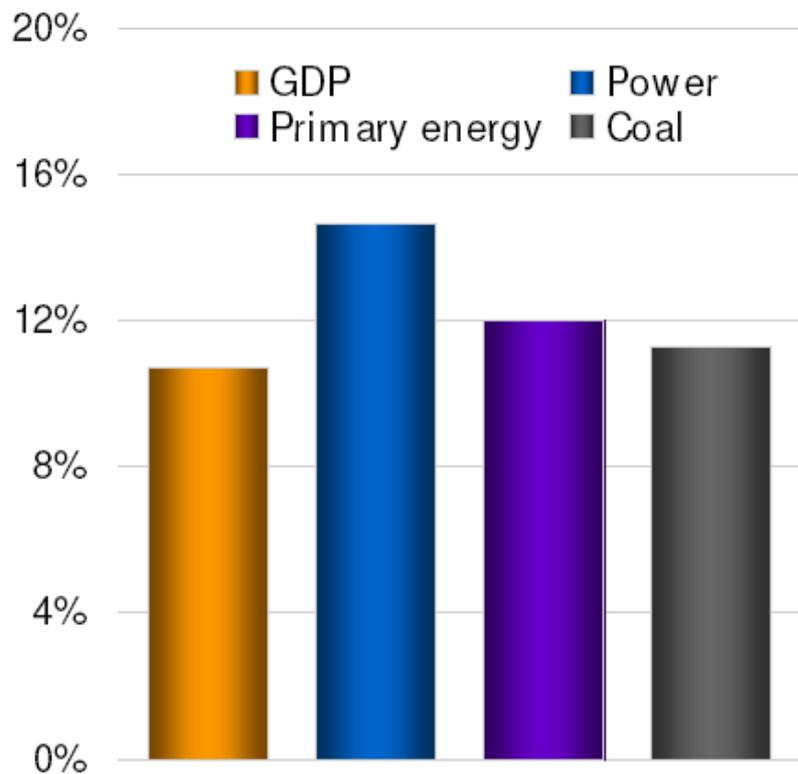
世界上兩大水力電廠比較

主要設施項目	伊太普(ITAIPU)	中國長江三峽
水利工程 主要河川名稱	* 巴拉那河(Parana River), 水利資源為巴西、巴拉圭兩國所共有。	* 長江(揚子江)為中國大陸第一內陸河川。
工程耗用 混凝土量	* 全部工程: 1,280萬立方公尺 * 大壩部分: 813萬立方公尺	* 全部工程: 2,800萬立方公尺 * 大壩部分: 1,486萬立方公尺
大壩與水庫	* 大壩: 高196公尺 長7,760公尺 * 蓄水量: 290億立方公尺 * 溢洪壩在大壩左側, 電廠位於大壩中段。	* 大壩: 高185公尺 長2,309.47公尺 * 蓄水量: 393億立方公尺 * 溢洪壩居大壩中段, 兩側為電廠。
發、輸電設施	* 裝置容量: 1,260萬仟瓦 (70萬仟瓦×18台; 巴西9台, 60Hz; 巴拉圭9台, 50Hz) * 年發電量: 750~770億度。 * 輸電線路: 交流750KV 3回。 直流±500KV 3回。 交流220KV 3回。 * 絕大部分電力(約,230萬仟瓦)輸往巴西, 巴拉圭僅2~4%。	* 裝置容量: 1,820萬仟瓦(70萬仟瓦×26台, 50Hz, 不含右岸擴建中之6台) * 年發電量: 847億度。 * 輸電線路: 交流500KV 11回。 直流±500KV 2回。 * 供電範圍甚廣, 東至上海, 南至廣州
工程現況 與投資金額	* 已完工, 全部工期16年。 * 工程金額: 200億美元。	* 進行中, 2009年完工, 全部工期17年。 * 工程金額: 約250億美元。

中國經濟與能源消費成長趨勢

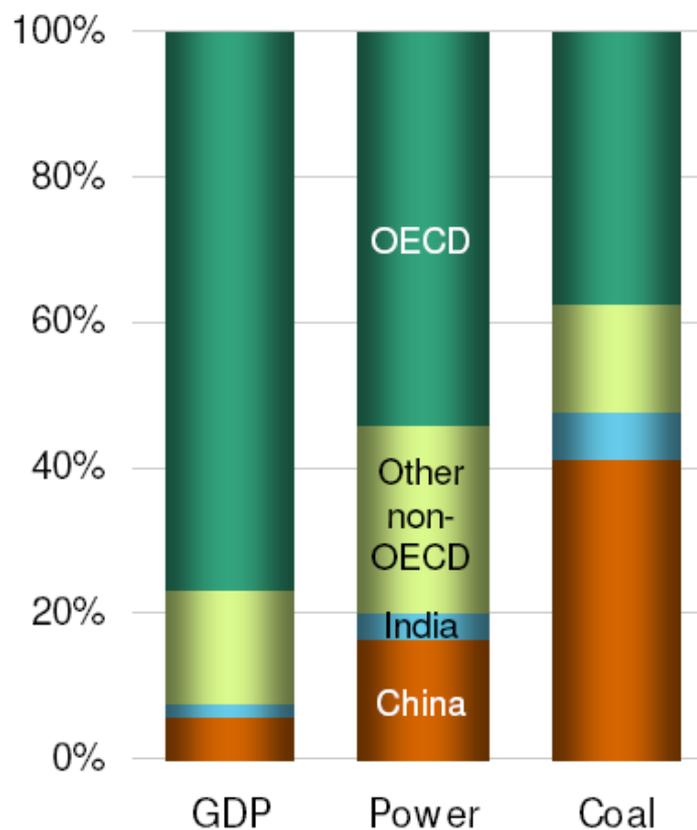
Growth in China, 2003-2007

Average growth p.a.

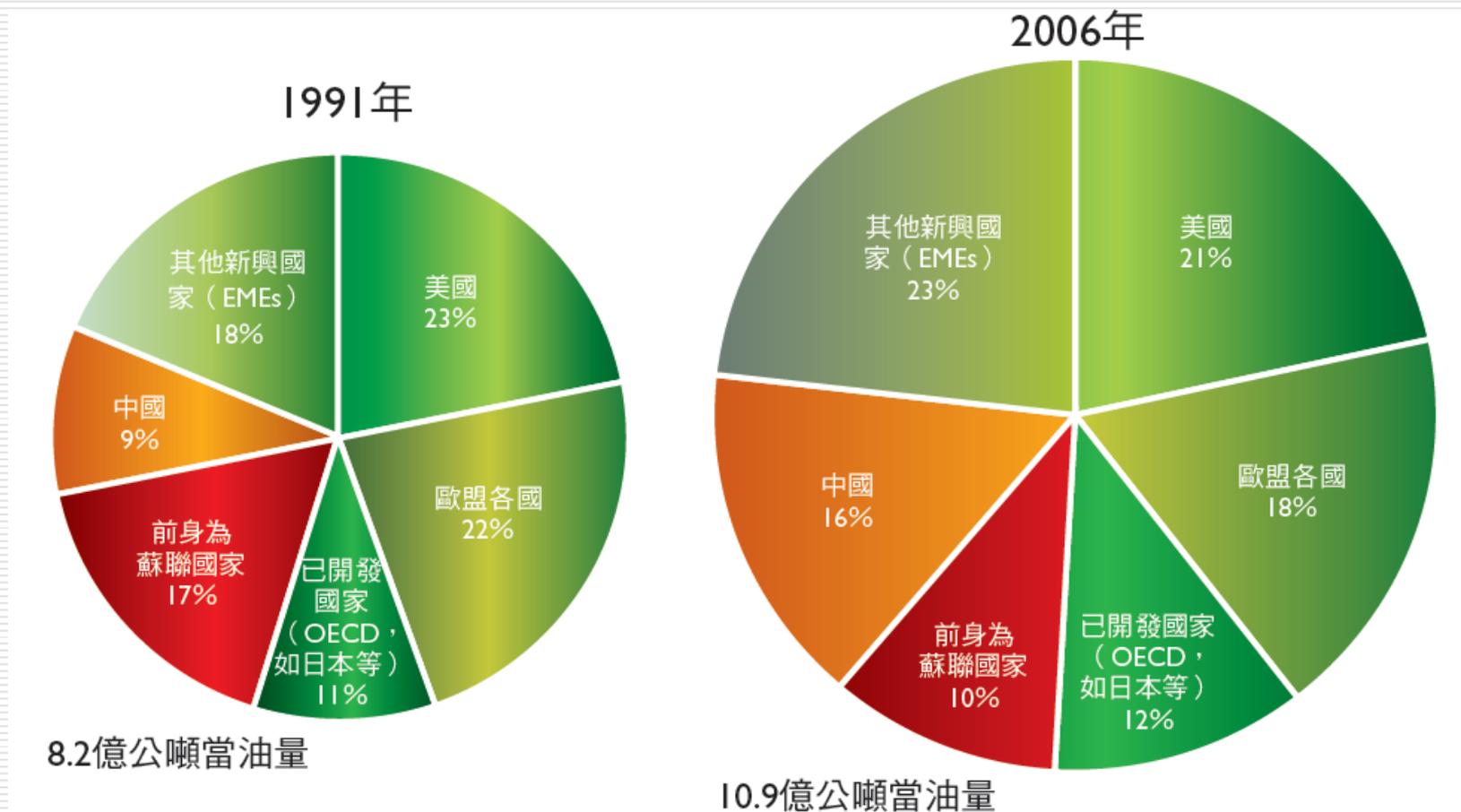


Global breakdown

Share



世界各地區能源消費占比變化情形



Source: BP Statistical Review of World Energy 2007 (<http://www.bp.com>)

《認識綠色能源》重新繪製

經濟體分類

註：全球的經濟體或國家，一般會依據其所屬的經濟組織與發展程度進行分類，經濟合作暨發展組織（OECD，成員如日本等國家）屬已開發國家；EMEs（Emerging Market Economies，新興市場國家）則指中南美洲、非洲及部分亞洲等發展中國家；前身為蘇聯的國家（Former Soviet Union，FSU）由於經濟發展特性較為特別，有時會各別分類。圖中，美國屬OECD國家、中國則為EMEs；但由於這兩個國家都是能源消耗大國，在此特別獨立呈現。

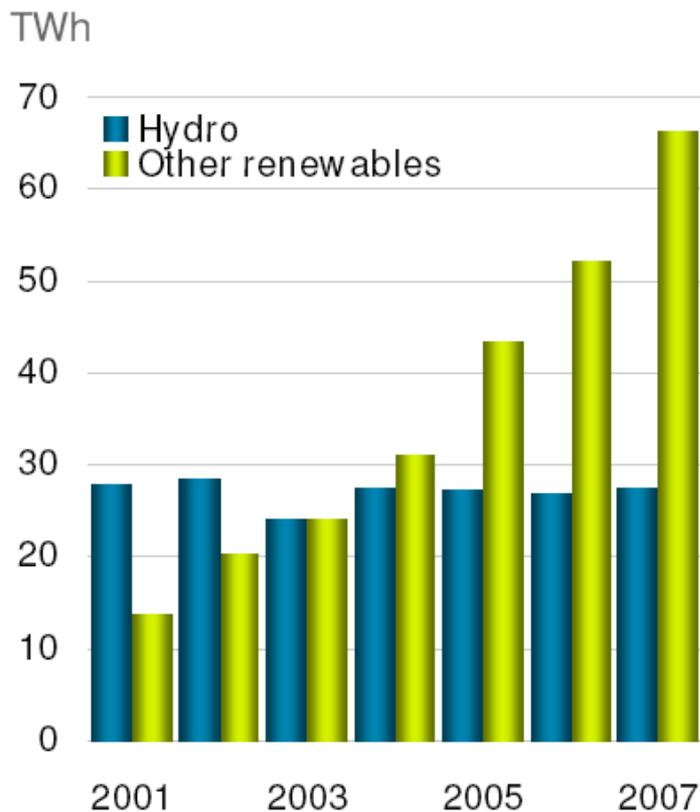


28 認識綠色能源

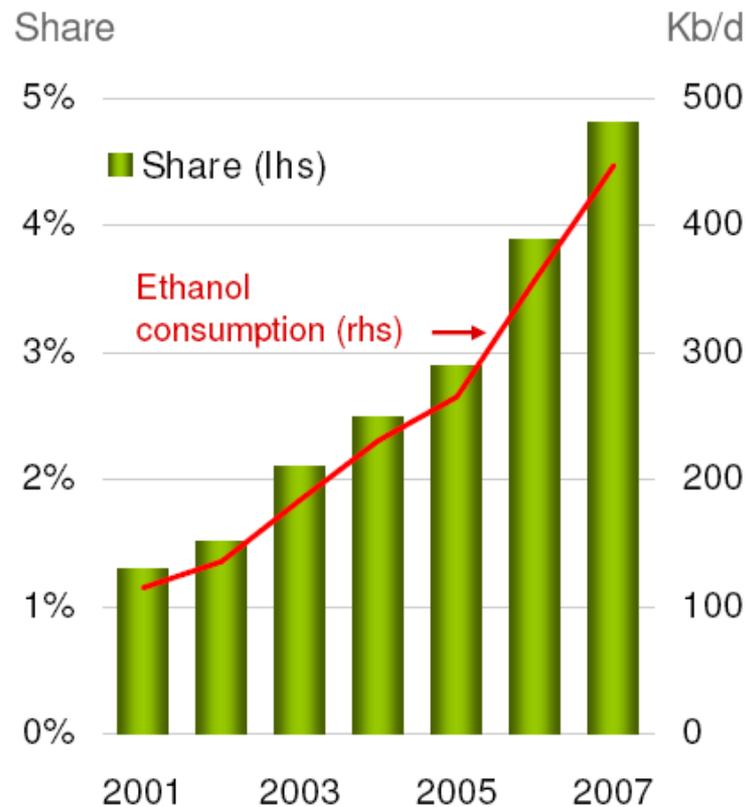
- 依據其所屬的經濟組織與發展程度進行分類
 - 經濟合作暨發展組織 (OECD，成員如日本等國家) 屬已開發國家
 - EMEs (Emerging Market Economies，新興市場國家) 則指中南美洲、非洲及部分亞洲等發展中國家
 - 前身為蘇聯的國家 (Former Soviet Union，FSU)
 - 例外：美國屬OECD國家、中國則為EMEs；但由於這兩個國家都是能源消耗大國，一般會獨立分類。

再生能源消費變化情形

Electricity generation in Germany



Volume of ethanol in US gasoline



BP Statistical Review of World Energy 2008

Sources: BDEW, EIA

© BP 2008

結語

- 全球能源供需逐漸失衡
 - 中國、印度等人口大國的需求大增
 - 地緣政治學 (Geopolitics) 與能源安全
- 化石能源 vs. 再生能源
 - 再生能源佔比仍偏低；化石能源蘊藏逐漸枯竭
- 溫室氣體 vs. 核能議題
 - 環境變遷的挑戰 vs. 非核「信念」的堅持
- 終極解決方法 (?)
 - 『氫能』：燃料電池與核融合發電技術
- 當前須迫切面對與因應的課題：
 - 節約能源；提高能源使用效率
 - 能源多元化；全球能源供需的平衡