

エンジニアリング振興協会
サロンドエナ講演会

ピークオイル論

— その意味すること、油断せずに需給緩和策を！ —

芝浦工業大学 MOT大学院 工学マネジメント研究科

教授 藤田 和男

2006年11月15日 (水)

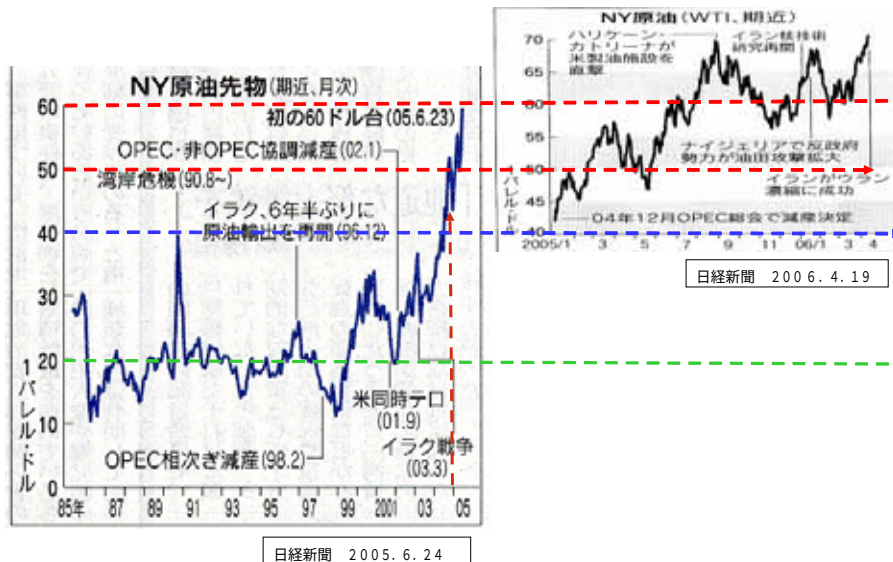
1

今日のお話の構成

- 
1. 最近の原油高騰と日本のエネルギー戦略
 2. ピークオイル論と石油需給緩和策
 3. 新技術による石油供給能力の維持
 - ① 深海・極海・僻地の高コスト探鉱、② EOR新技術
 - ③ 超重質原油の採掘とアップグレイディング
 4. 石油代替液体燃料の研究開発・商業化
 - ④ バイオマス系燃料 ⑤ 天然ガスの化学的液化 (GTL)
 - ⑥ 石炭ガス化・液化 (CTL)
 5. 天然ガス利用のすすめ・・・そしてまとめ

2

最近の原油の高騰状況

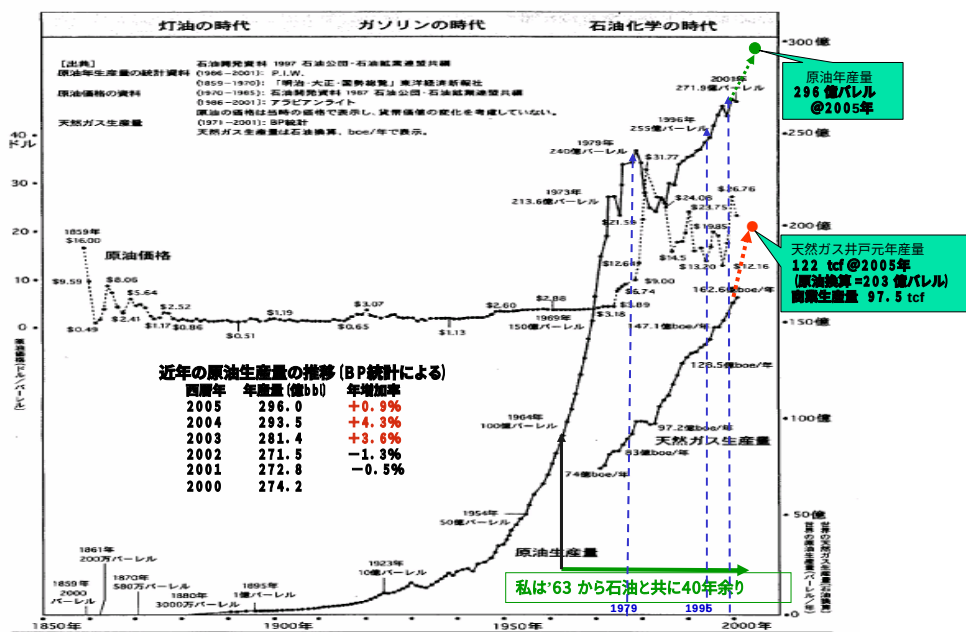


近年の原油高騰の要因は！

- ① 中国、インドのなどBRICsの**旺盛な石油需要**
- ② OPEC産油国側に起因する**供給不安**(北海油田のピークオイル)
- ③ **地政学的リスク**の高まり(イラクの治安不安、サウジの民主化、イラン新政権の核再開発懸念、パレスチナ問題など)
- ④ アメリカ国内の**石油精製能力の限界**と度重なったハリケーンによる製油所の稼働休止による**低い石油(ガソリン)在庫**
- ⑤ ニューヨーク・マーカンタイル(NYMEX)市場におけるWTI原油に**投機的資金の動き**

などが複雑に絡み合い、今や原油価格の需給ファンダメンタルズ (50\$/B台) + 心理的リスクプレミアム (10~20 \$/B)

図2 世界の原油・天然ガス生産量と原油価格の推移

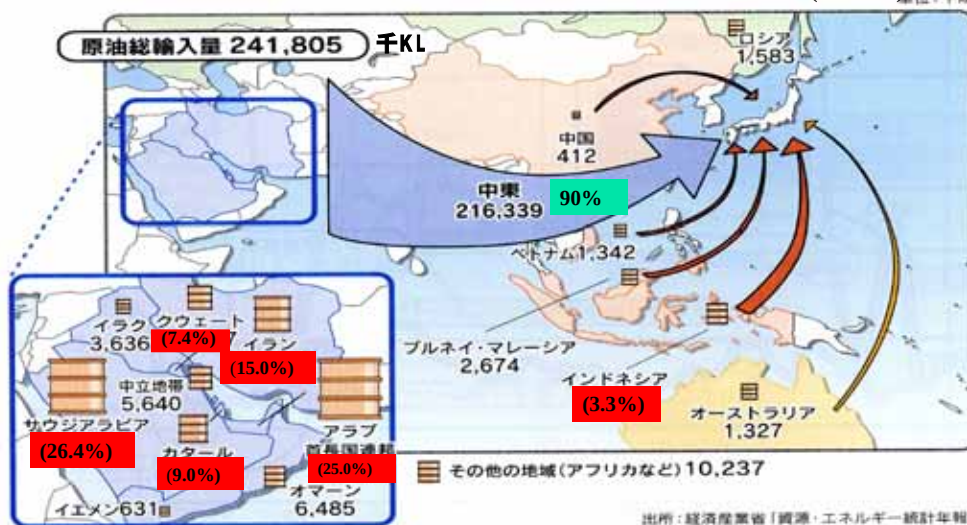


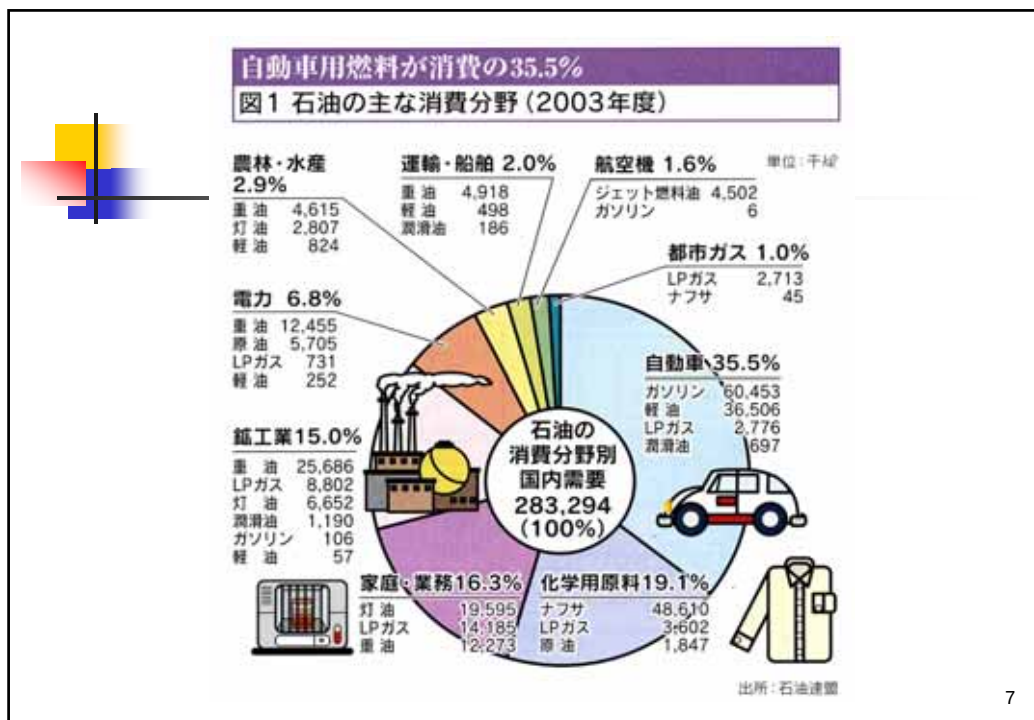
出典: 石油鉱業連盟

原油の輸入は20か国以上から

図1 わが国の国別原油輸入量 (2004年度) 原油: 年間2億4200万kl (417万b/d)

この他に石油製品の純輸入(38万b/d) 単位: 千kl

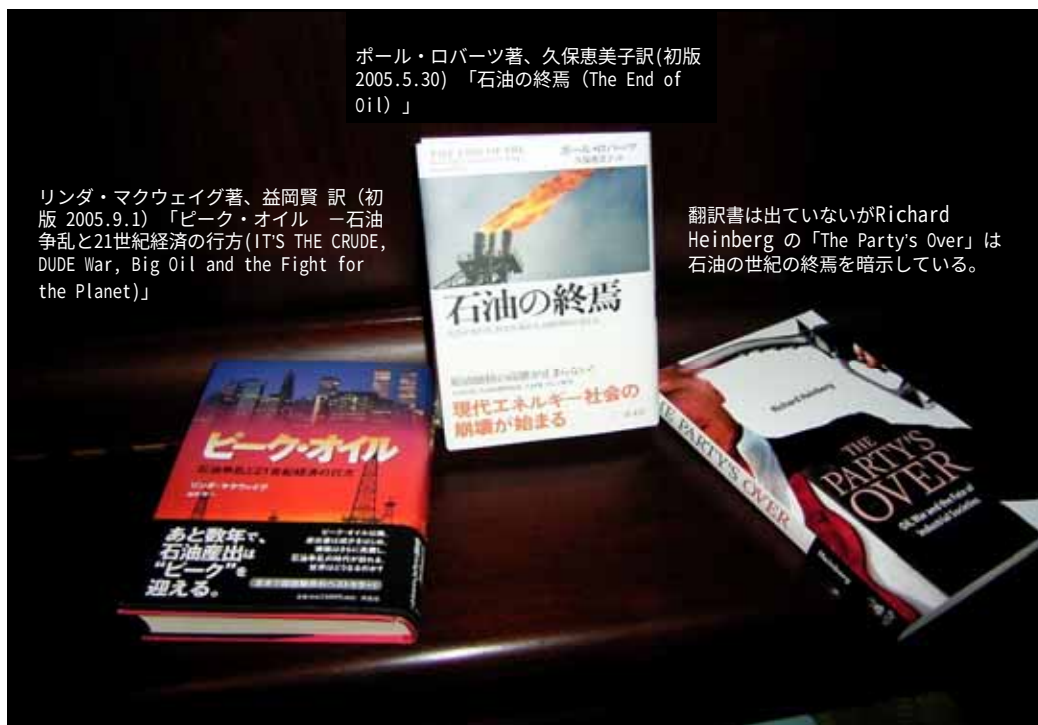




7

- ### 今日のお話の構成
1. 最近の原油高騰と日本のエネルギー戦略
 2. ピークオイル論と石油需給緩和策
 3. 新技術による石油供給能力の維持
 - ① 深海・極海・僻地の高コスト探鉱、② EOR新技術
 - ③ 超重質原油の採掘とアップグレイディング
 4. 石油代替液体燃料の研究開発・商業化
 - ④ バイオマス系燃料 ⑤ 天然ガスの化学的液化 (GTL)
 - ⑥ 石炭ガス化・液化 (CTL)
 5. 天然ガス利用のすすめ・・・そしてまとめ

8





Peak Oil : Oil Peaking とは？

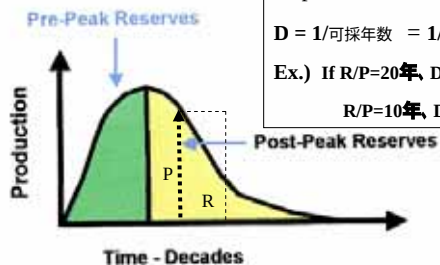
- 世界の**在来型石油の需要**に対し最大生産能力が維持できないで供給減退の時期に入ること。
- 在来型石油とは現在の市場に販売されている原油の90%程度で、通常の開発・生産技術で供給される、100cp以下の低粘性の石油。
- 地質、油層工学上のOil Peakingは物理的には最大生産が可能であるが、産業界での枯渇の時期Oil Peakingはより低い生産レートで起こる。

“Understanding Peak Oil: Concept & Miscnceptions” by Dr.R.H.Hirsch

10

Reserves Before & After Peaking Differ in Value

(Notional Oil Field)



Depletion Rate: D

$$D = 1/\text{可採年数} = 1/(R/P) = P/R$$

Ex.) If $R/P=20$ 年, $D=1/20=0.05=5\%$,
 $R/P=10$ 年, $D=1/10=0.10=10\%$

- Let us designate the reserves that exist in an oil field up to the production peak as **Pre-Peak Reserves**. Reserves after peak call **Post-Peak Reserves**.
- **Pre-Peak Reserves** are of greatest importance because they can contribute to growing world oil demand.
- **Post-Peak Reserves** are important but they represent a decrease from total world oil production.

11

Workshop on Trends in Oil Supply and Demand and Potential for Peaking of Conventional Oil Production (October 20-21, 2005)

会場: American Association Advanced Science (AAAS)
 Building 1200 New York Avenue, NW
 Auditorium Washington, D.C. 20005



12



■ Dr. Robert L. Hirsch, Science Application International Corp. (SAIC)

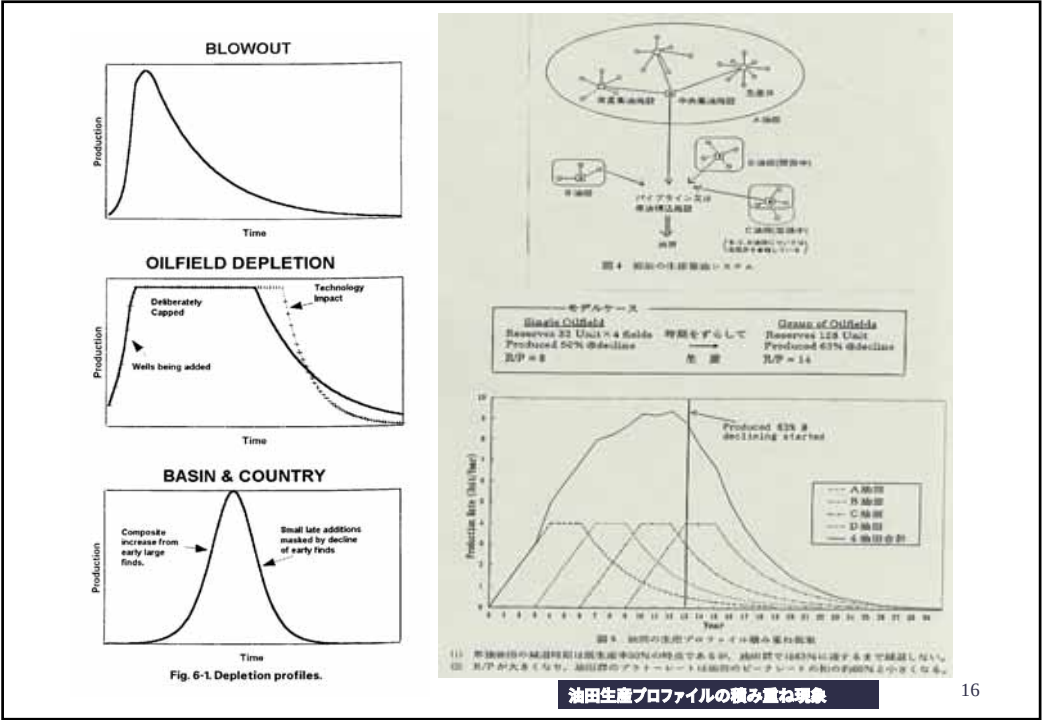
13



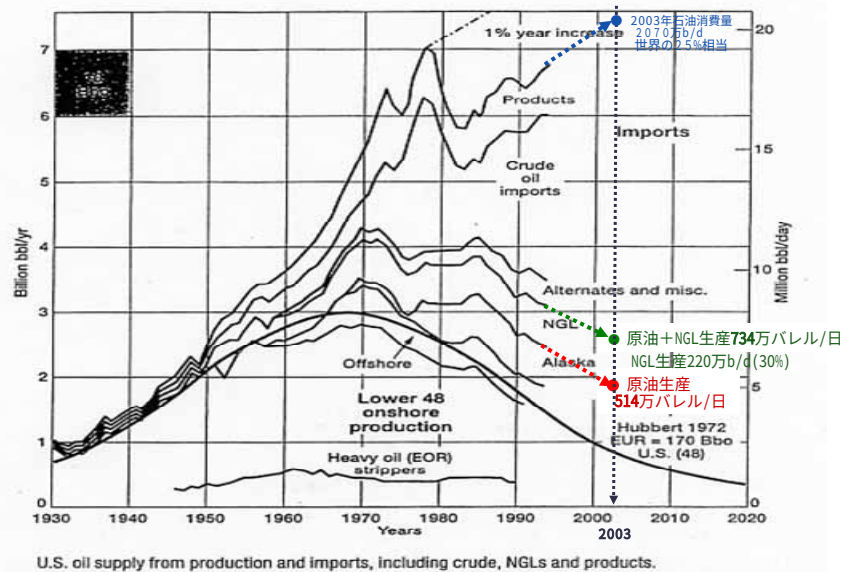
14



15



16

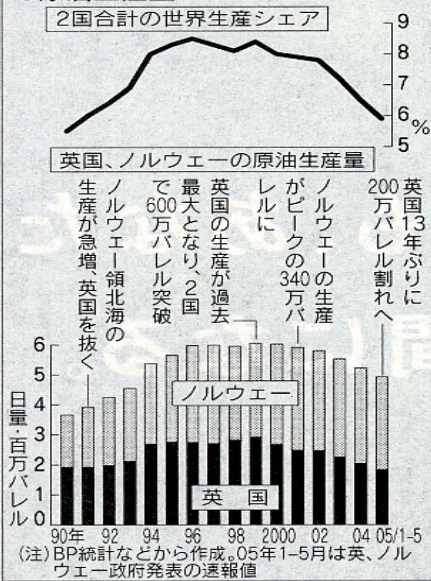


出典：オイル アンド ガス ジャーナル

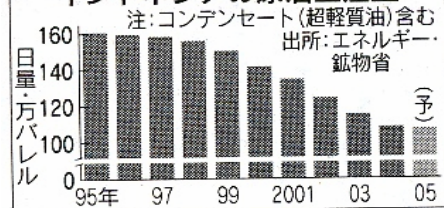
米国の石油需給の履歴

17

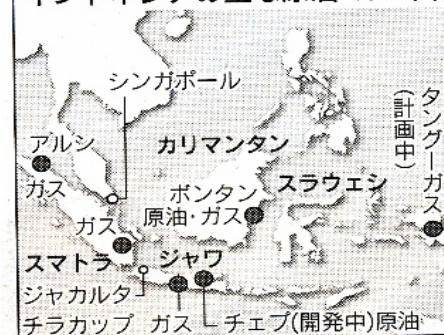
欧州2大産油国、英国とノルウェーの原油生産量



インドネシアの原油生産量



インドネシアの主な原油・ガス田



18

表1 ●主要産油国の残存埋蔵量・既探掘量・生産ピーク年

単位は十億バレル
シェール油とタール・サンドは含まれていない

国名	残存埋蔵量	既探掘量	生産ピーク年			
サウジアラビア	262	97	2008年	カナダ	7	1973年
イラク	112	28	2017年	オマーン	5	2001年
アブダビ	98	19	2011年	アンゴラ	5	1998年
クウェート	96	32	2015年	インドネシア	5	1977年
イラン	90	56	1974年	英国	5	201999年
ベネズエラ	78	47	1970年	エクアドル	5	2004年
ロシア	60	127	1987年	インド	5	1997年
アメリカ合衆国	30	172	1971年	イエメン	4	1999年
リビア	29	23	1970年	エジプト	4	1995年
ナイジェリア	24	23	2006年	オーストラリア	3	2000年
中国	18	30	2003年	マレーシア	3	2003年
カタール	15	7	2000年	アルゼンチン	3	1998年
メキシコ	13	31	2003年	シリア	2	1995年
ノルウェイ	10	17	2001年	ガボン	2	1996年
カザフスタン	9	6	2033年	コロンビア	2	1999年
アルジェリア	9	13	1978年	コンゴ	1	2001年
ブラジル	8	5	1986年	ブルネイ	1	1978年

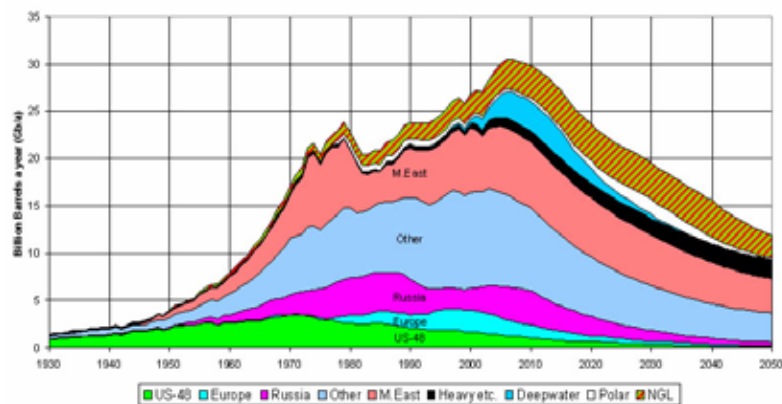
Sonia Shah, Crude: The Study of Oil. London: Verso, 2004. p.177-178. より。

19

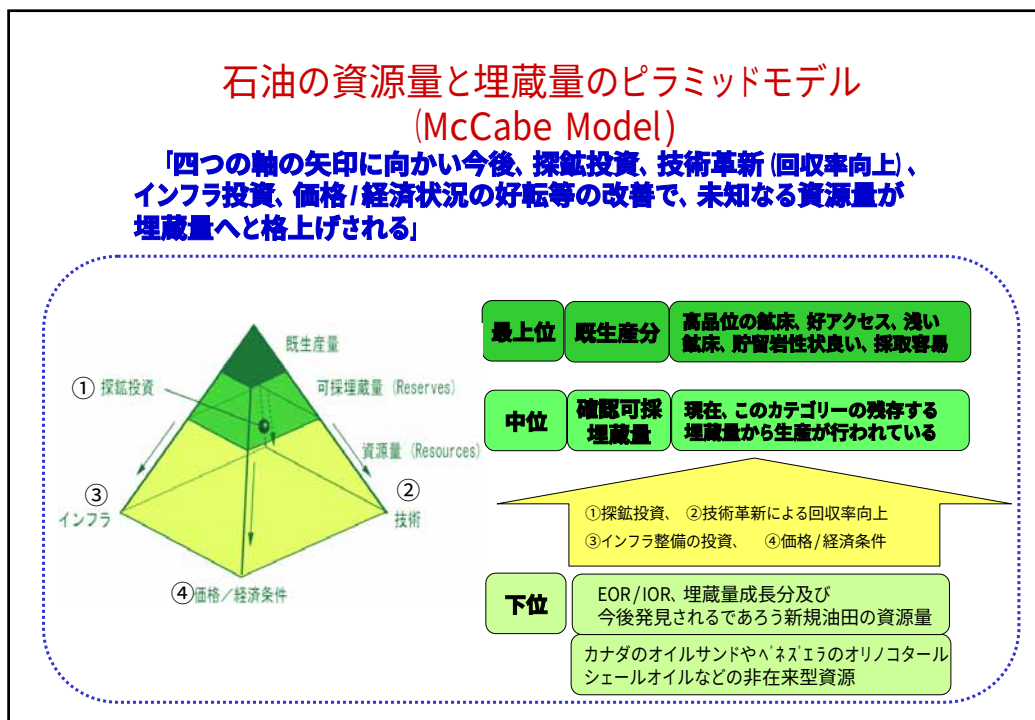
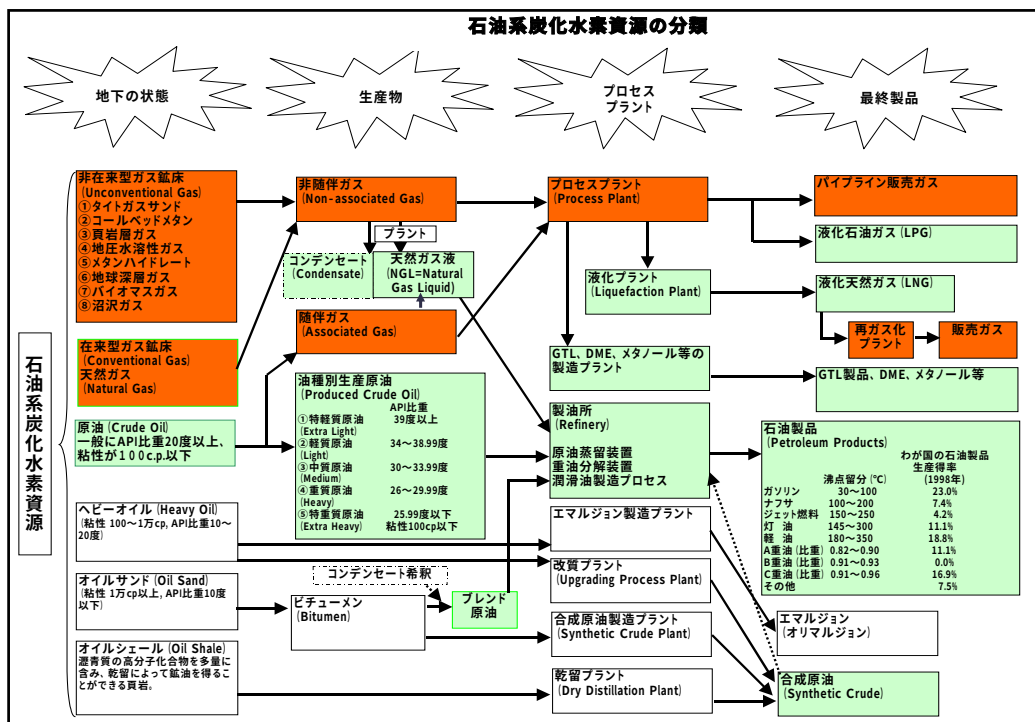
石油資源供給ポテンシャル

「2010年より前にピークオイルが来る」(Colin Campbell)

OIL AND GAS LIQUIDS
2004 Scenario



20

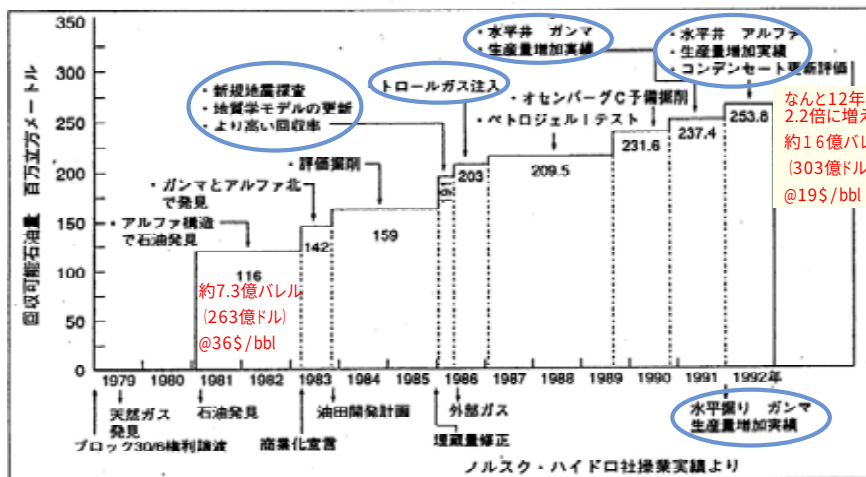


埋蔵量成長とは (RESERVES GROWTH)

- ◆ 油・ガス田の確認埋蔵量が生産の歴史と共に将来増加すること
- ◆ USGS2000 (究極資源量3兆バレルと推定) では埋蔵量成長を定量評価
- ◆ 要因は:
 - ①評価替(Revision) : 再評価による可採埋蔵量の増加、
 - ②回収効率の向上(Recovery)
 - ③新油層の発見(New Reservoir)
 - ④構造の延長(Extension)
- ◆ 米国では推定埋蔵量に相当する
- ◆ 1980年代後半に中東諸国の確認埋蔵量が急増
- ◆ SPE/WPC/AAPG2000では埋蔵量成長でなく Contingent Resources (条件つき資源量) と定義
- ◆ USGS2000では米国の経験式にもとづき世界の埋蔵量成長を定量評価

23

図 北海の Oseberg 油田における埋蔵量成長の実績



石油開発時報 No.126 (00・8)

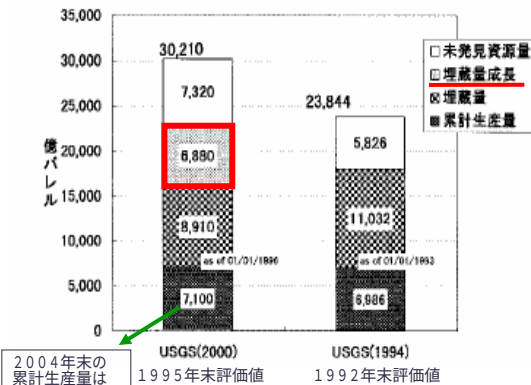
37

24

資源ポテンシャル

世界の究極可採資源量は増加

USGSの究極資源量評価
(1995年末評価値 VS 1992年末評価値)



●USGS (@1995年末) の評価は、@1994年末 比約0.7兆増加したが、その多くは、埋蔵量成長である。

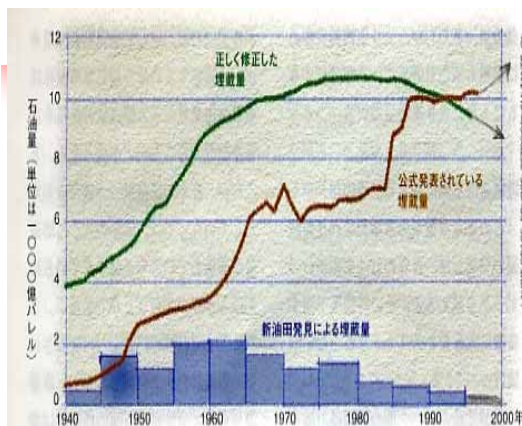
●石油産業が操業で経験している事実を明確に認識したという意味で意義が大きい。

●この埋蔵量を前提とすると、石油生産のピークアウトは2030年代へ

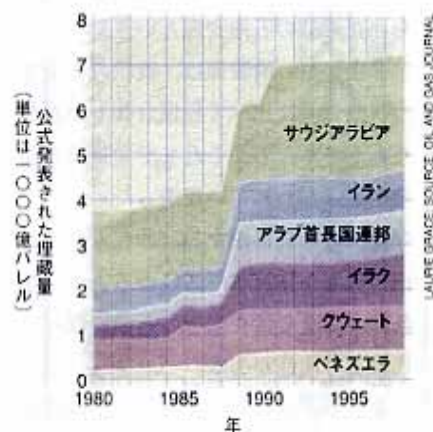
●それまでに、水素などへのエネルギー転換など、よりスムーズな移行が可能

25

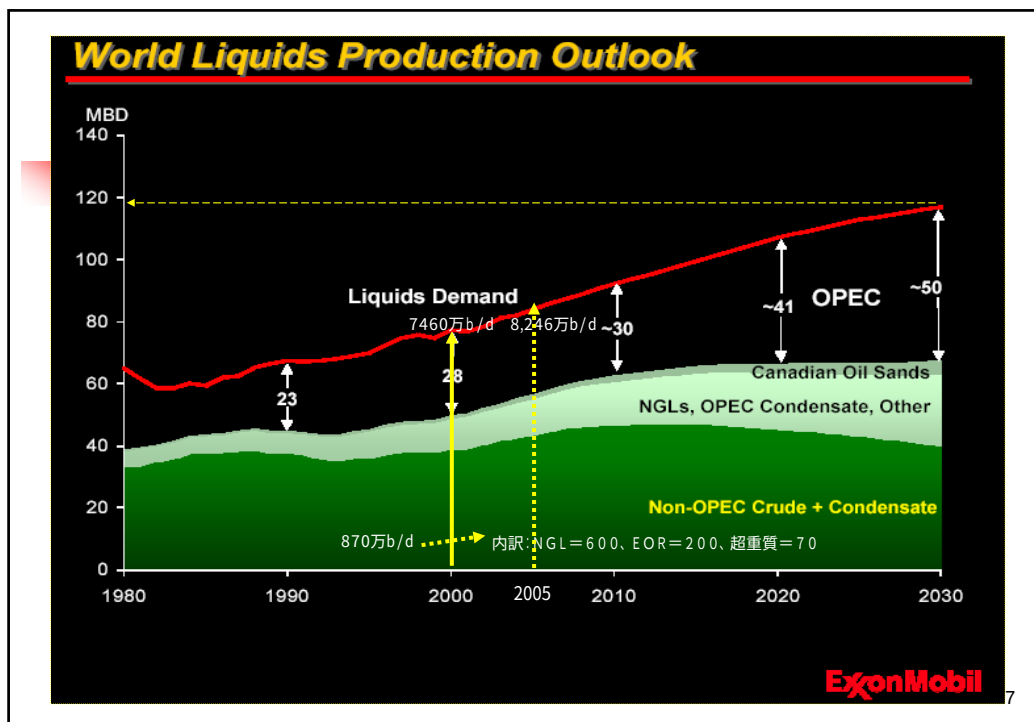
世界の埋蔵量統計における疑惑？



埋蔵量の推移 1980年代に油田の埋蔵量が評価替えにより上方修正されたことで、公式発表されている世界の総埋蔵量は見かけ上は増加している。しかし、この評価替えの操作は油田の発見年にかかっている。正しく修正すると、新油田の発見による埋蔵量の増分の伸びが1960年代以降鈍っていることがわかる。その結果、実際の埋蔵量は1980年ごろをピークに低下してきている。



疑わしい埋蔵量の急増 公式発表されているOPEC主要6カ国の埋蔵量の推移。大油田の発見もないのに、埋蔵量は1980年代後半に合計3000億バレルも急増した。



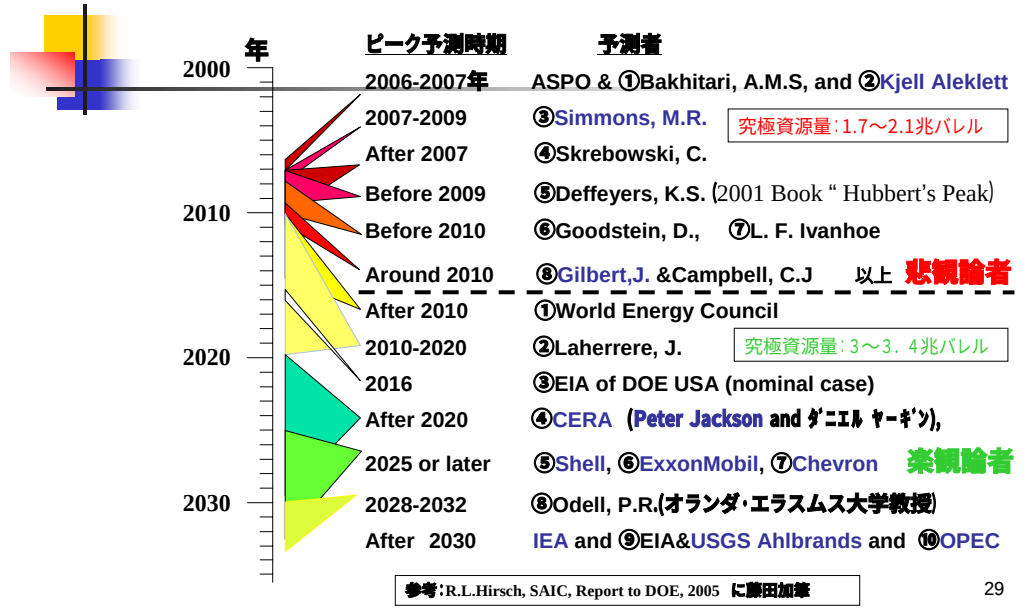
原油価格高騰がもたらすビジネス規模の拡大

year	年平均石油消費量	平均油価	石油マーケットの規模
1995	6,930 b/d	20\$/b	5,060億ドル(約48.7兆円 @ 96.3¥/\$)
2000	7,460 b/d	30\$/b	8,170億ドル(約90.3兆円 @ 110.5¥/\$)
2003	7,830 b/d	30\$/b	8,570億ドル(約96.8兆円 @ 113.0¥/\$)
2004	8,080 b/d(3.2%up)	40\$/b	1兆1800億ドル(37.7%up)
2005	8,340 b/d(3.2%up)	55\$/b	1兆6740億ドル(41.9%up)
2006 (予測)	8,510 b/d(2.0%up)	① 60\$/b	1兆8640億ドル(11.4%up)
		② 65\$/b	2兆0190億ドル
		③ 70\$/b	2兆1740億ドル(16.6%up)

最近の石油マーケット規模: 2004年: 127兆円@107.5¥/\$、2005年: 187兆円@112.8¥/\$

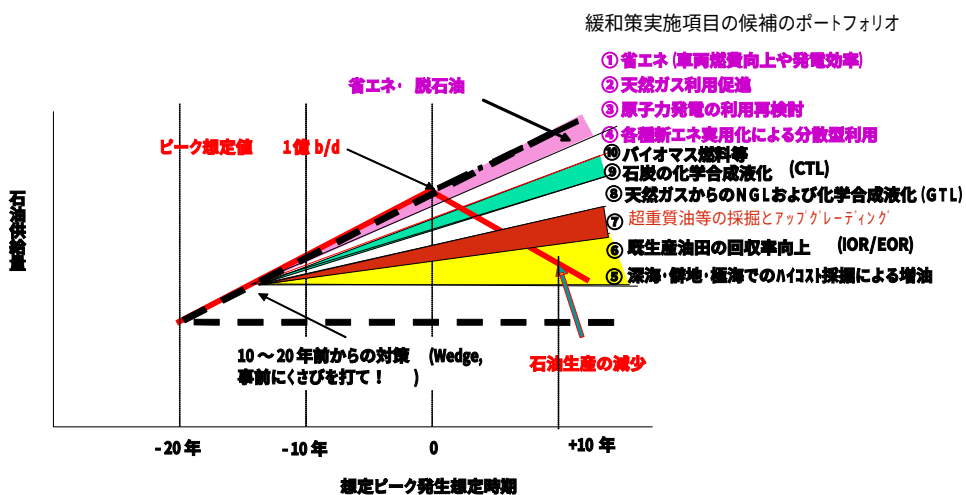
注意: 年間平均油価はWTI先物価格の値動きを参考にして推測したものである。

最近のオイルピークに関する予測一覧



29

ピークオイル発生に備えた需給ギャップの緩和策



作成: 芝浦 MOT 藤田研究室 (2006.5.14.)
Dr. R. L. Hirsch の Peaking World Oil Production Feb. 2005 を参考

今日のお話の構成

1. 最近の原油高騰と日本のエネルギー戦略

2. ピークオイル論と石油需給緩和策

3. 新技術による石油供給能力の維持

① 深海・極海・僻地の高コスト探鉱、② EOR 新技術

③ 超重質原油の採掘とアップグレイディング

4. 石油代替液体燃料の研究開発・商業化

④ バイオマス系燃料 ⑤ 天然ガスの化学的液化 (GTL)

⑥ 石炭ガス化・液化 (CTL)

5. 天然ガス利用のすすめ・・・そしてまとめ

31

① 深海・極海・僻地の高コスト探鉱、石油・探鉱・開発・生産分野における主な技術進歩

分野	技術	目的・効果	備考
探 鉱 震探技術	・堆積盆シミュレーション ・シーケンス層序学 ・3次元地震探査	・ Reservoir Geophysics Model による油ガス層構造解釈の精度向上 ・ 近隣の未開発油・ガス層の発見 — 発見率の向上 —	・ GPS ^{*1)} 測定システム、船上処理用ワークステーション等の向上に伴う測定及び処理の高速化・低価格化
開 発 掘削技術 油層解析技術	・ Horizontal well ・ Extended Reach Drilling ・ 高精度油層シミュレーション	・ 坑井生産量の倍増、必要坑井数の削減によるコストダウン ・ 陸域／既存PP ^{*2)} からの大傾斜掘削可能 — 回収率の向上 — ・ 油ガス層挙動の計器精度向上	・ 坑跡コントロール技術の浸透 ・ Polycrystalline Diamond Compact ビット ・ 油層計算用ワークステーション等の機能向上に伴う高速化・低価格化
生産操業 海洋生産施設	・ IOR Method ^{*3)} ・ 海底仕上げ生産システム ・ 大水深用TLP ^{*4)} ドリルシップ	・ 既存施設利用の生産能力増加 ・ 近隣の中小規模海上油田の経済的操業 — 生産コストの削減 — ・ 大水深巨大油・ガス田の開発 ・ 多相流計量や腐食防止	・ 既存の近隣PP, FPSO ^{*5)} 等と組み合わせた早期生産システム ・ メキシコ湾水深3,000フィート級油田の開発 (Auger Mars油田等)

*1) GPS : Global Positioning System

*2) PP : Production Platform

*3) IOR : Improved Oil Recovery

*4) TLP : Tension-Leg Platform

*5) FPSO: Floating Production, Storage & Off loading

HD3D™ A Clearer Image

"Breakthrough Seismic Quality benefits across Exploration, Reservoir Management and Abandonment"

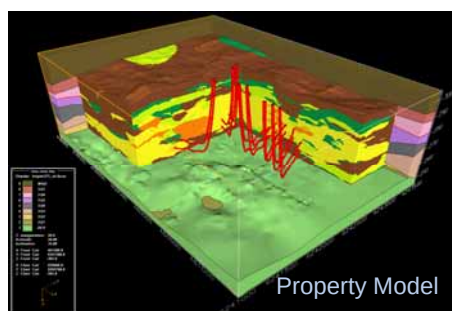
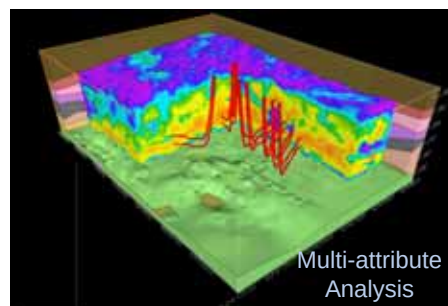
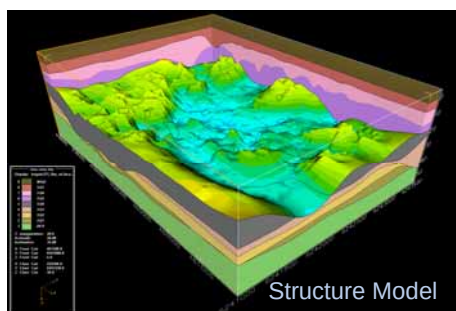
THE TECHNOLOGY

- Most uniform wave-field streamer sampling in industry
- Tightest streamer separation in industry
- Leading trace densities with single source, 16 streamers
- Random towing stability and control reduces noise
- Proven Random performance with highest technical option
- Multi-azimuth HD3D track record

THE BENEFITS

- Superior spatial sampling, in all directions
- Exceptional temporal resolution
- Improved image fidelity with higher signal to noise ratios
- Enhanced sub-surface illumination
- Improved repeatability for reservoir monitoring
- An affordable product with lowest cost per trace

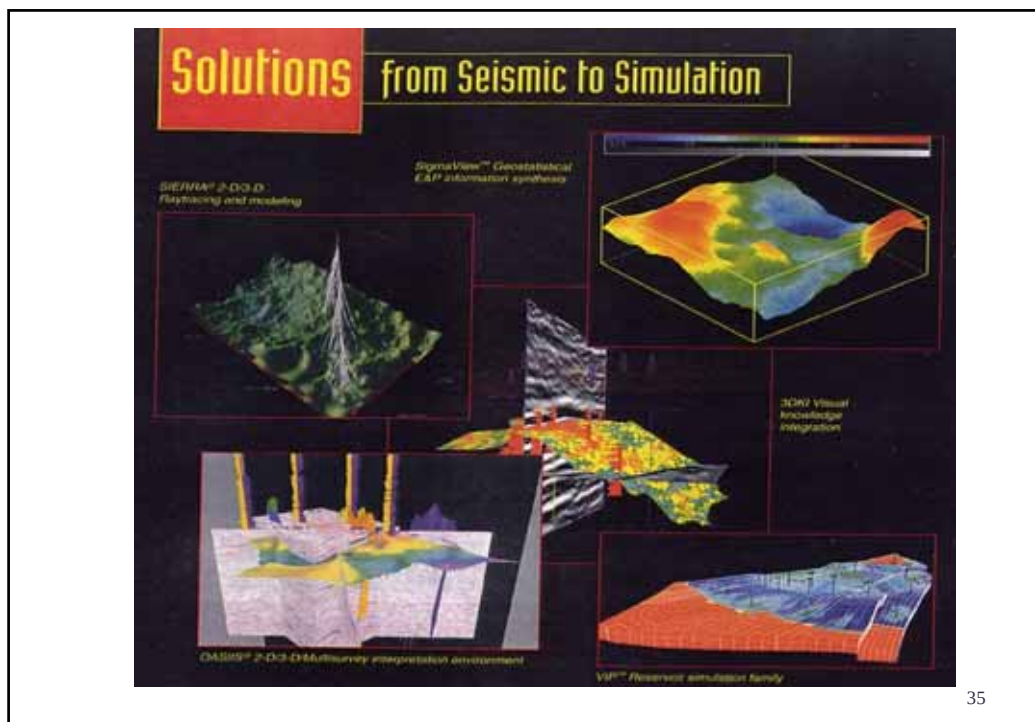
33



柏原他(2004)

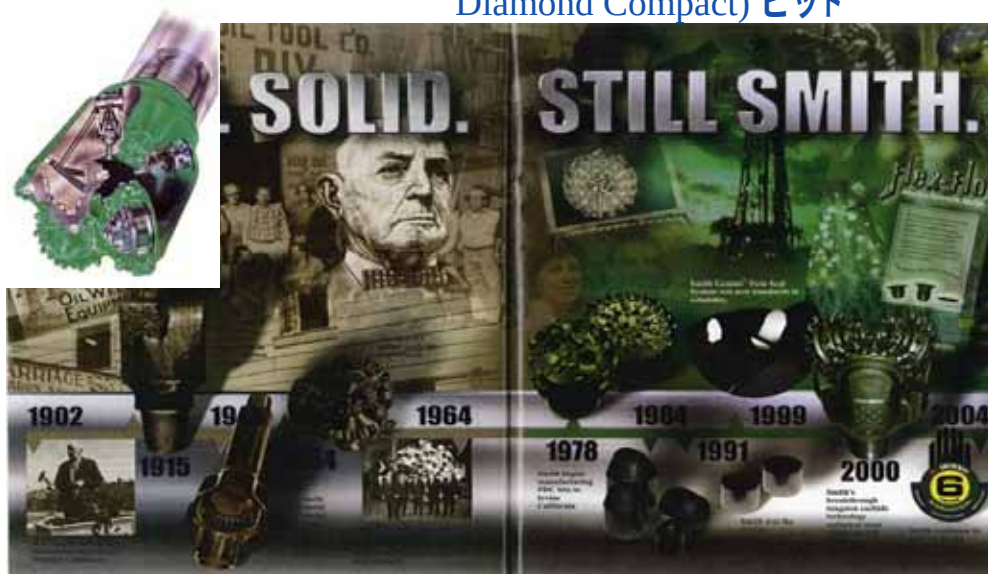
三次元地質モデルの可視化

34

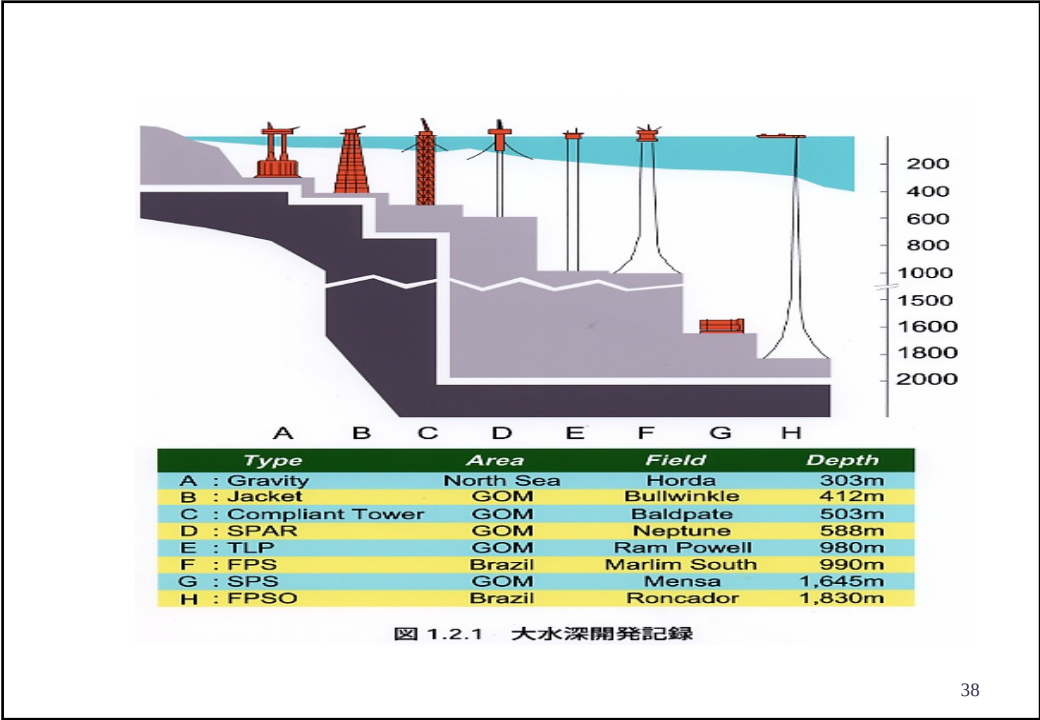
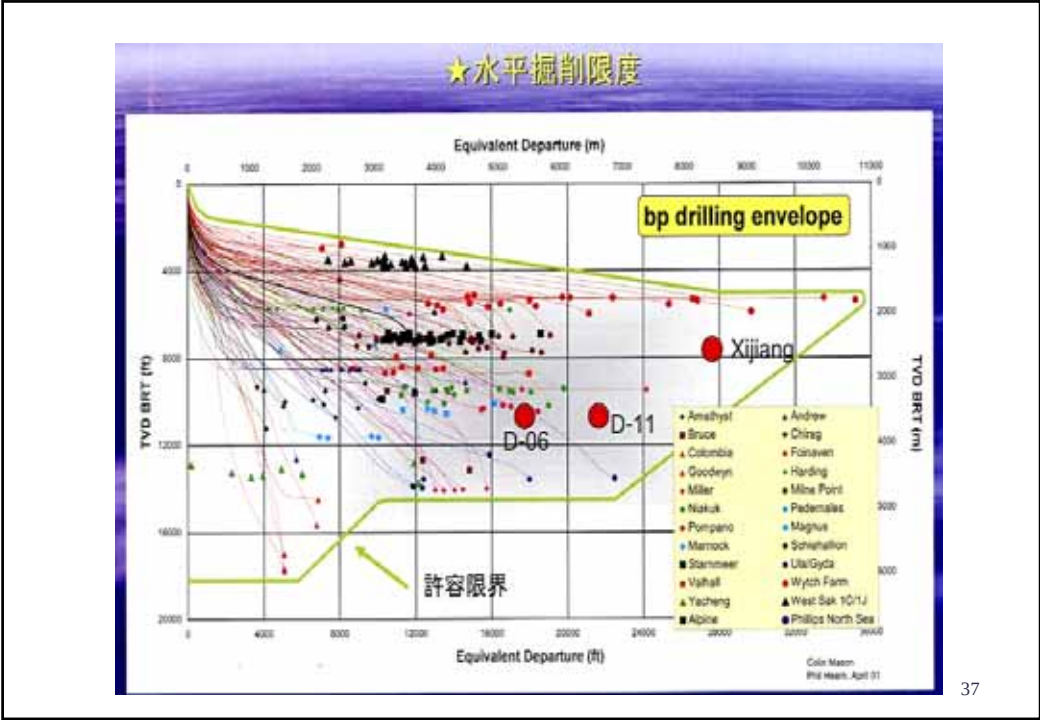


35

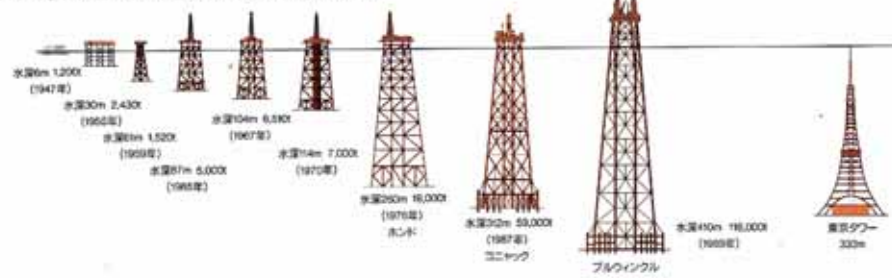
油井掘削の要 PDC (Polycrystalline Diamond Compact) ビット



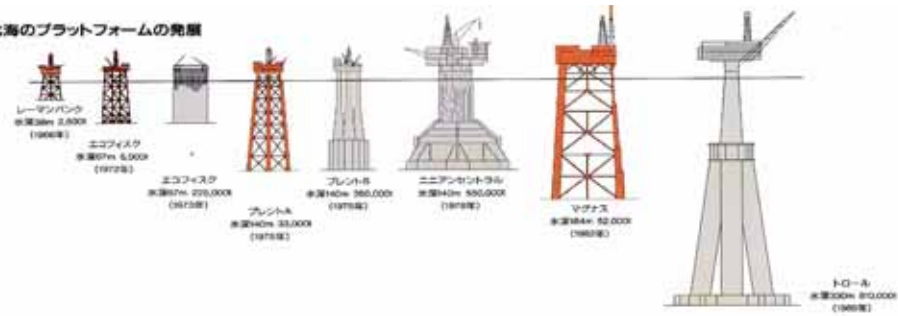
36



メキシコ湾とアメリカ西海岸のプラットフォームの発展



北海のプラットフォームの発展



39

大水深海洋油・ガス田開発

246 石油・天然ガス資源の未来を拓く

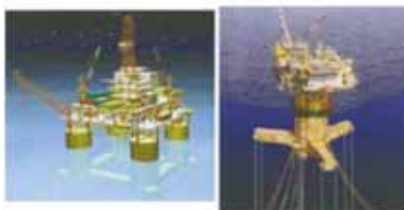


図 47 従来型の TLP (Magnolia) と Mini-TLP (Typhoon) (301, 302)



図 49 FPSO (Girassol) (303)



図 48 FPS (Na Kika) (304)

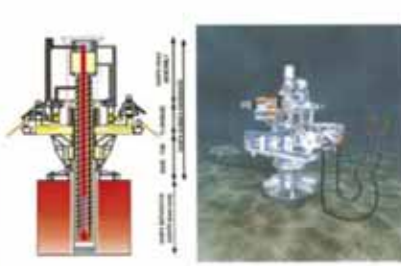


図 51 海底セパレータ・ブースターシステム (VASPS) (305)

40

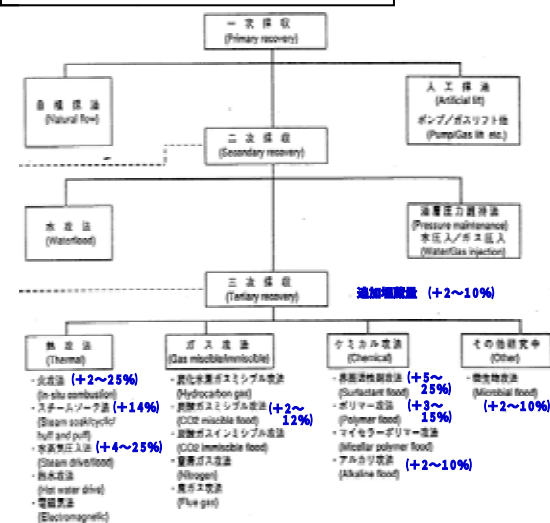


Devils Tower, a deep water fixed platform rig located in 1,680m of water depth on Mississippi Canyon Block 773, approx. 224km southeast of New Orleans.

41

油田の一次回収率と排油機構の関係	平均
(a) 枯渇押し型	: 2 - 5% (3%)
(b) 溶解ガス押し型	: 15 - 31% (20%)
(c) ガスキャップ押し型	: 20 - 40% (30%)
(d) 水押し型(Edge Water)	: 36 - 60% (30%)
(Bottom Water)	: 20 - 40% (30%)

石油回収技術 原油採取法の分類



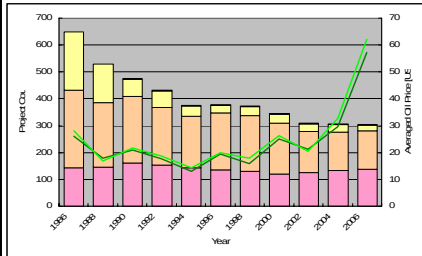
IOR

- 定義**
- 石油の回収可能性を増大させる先進技術 (Innovative Oil Recovery)
 - それらは油田の生産率を増大させるか、生産コスト削減に役立ち生産性を向上させる手段 (Responsive Oil Recovery)
 - 油田の一次、二次、三次回収段階で適用されるものでなくすべてをカバーする (Improved Oil Recovery)
- 手法**
- 高精度総合油層診断システム (Reservoir Characterization Simulator)
 - 生産能力向上改善技術 (Well Productivity Improvement)
 - 高度圧力刺激法 (Innovative Well Stimulation)
 - 水平掘り上げ技術 (Horizontal Well Completion)
 - WAG 注入法 (Water Alternating Gas Injection)
 - カナダのオイルサンド SAGD 法 (Steam Assisted Gravity Drainage Process)
 - オランダのバイオバイオマス社の微生物浸法 (Microbial EOR Process)
 - その他革新的な EOR 技術

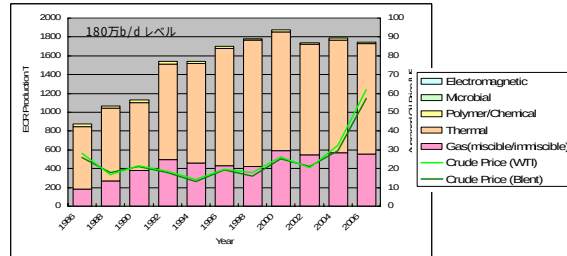
EOR

② EOR 新技術： 世界全体のEORの生産トレンド

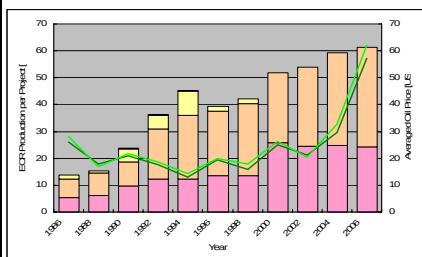
OGJ EOR Survey 1986-2006全体(20カ国: USA、カナダ、中国、インドネシア、ベネズエラ他)



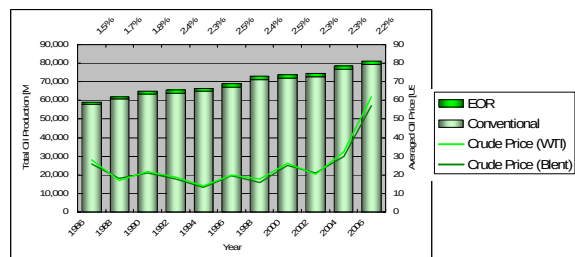
プロジェクト数



EOR生産量



プロジェクト毎の生産量

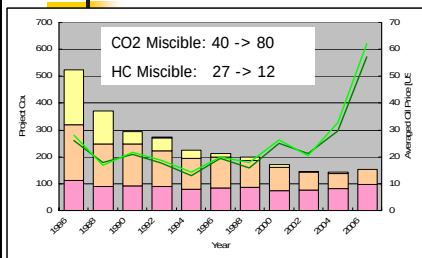


EORの生産全体に占める割合

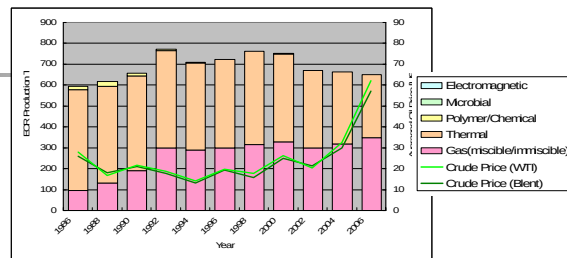
OGJ EOR Survey 2006

アメリカでのEORの生産トレンド

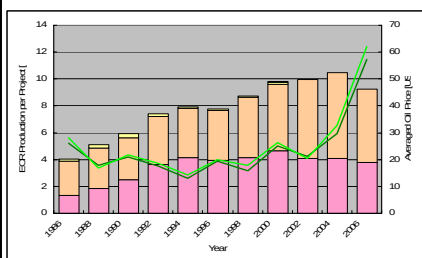
EOR生産トレンド - USA



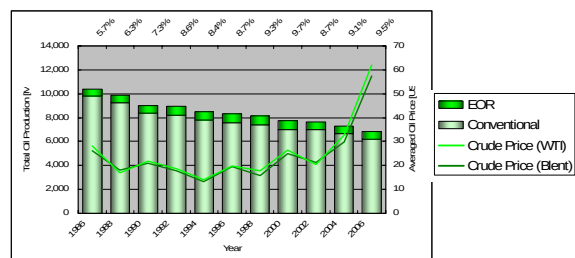
プロジェクト数



EOR生産量



プロジェクト毎の生産量

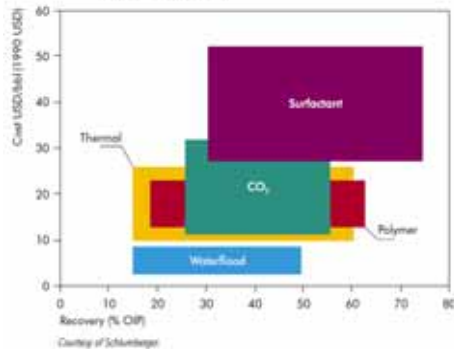


EORの生産全体に占める割合

44
OGJ EOR Survey 2006

各種EORによる増油効果の推定

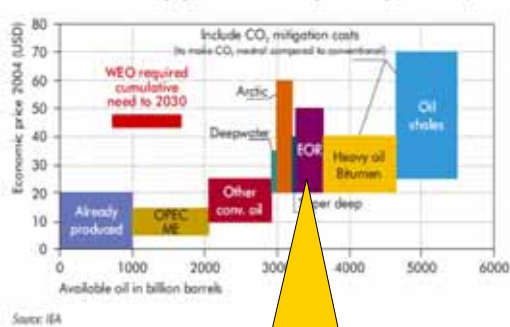
Figure 2.17 • Estimated cost of various enhanced oil recovery methods, in 1990 USD per barrel



■ 各種EORの回収率増加効果とコスト

	Recovery (%)	Cost (US\$/bbl)
Thermal	15 – 60	10 – 25
CO ₂	26 – 55	12 – 32
Polymer	18 – 63	13 – 23
Surfactant	32 – 74	26 – 52

Figure 7.1 • Oil cost curve, including technological progress: availability of oil resources as a function of economic price



IEAはEORによる増油効果を300Bstb程度と推定（在来型究極可採埋蔵量の約10%）

③ 超重質原油の採掘とアップグレイディング

非在来型石油資源（超重質油）

❖ ヘビーオイル（ベネズエラのオリノコータル）

1982年カラカスでのUNITARコンファレンスの定義：
油層内温度で粘度が100～10,000 cP、
API比重が20～10度

❖ タールサンド（ビチューメン、カナダではオイルサンドと呼ぶ）

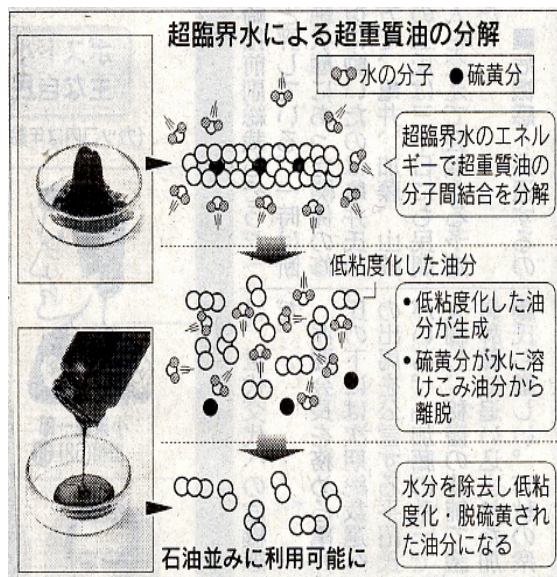
油層内温度で粘度が10,000 cP以上、
API比重が10度以下で水より重い

❖ オイルシェール（埋没深度浅く地熱による熱分解を受けない ケロジェンを多量に含む油母頁岩）

通常1ショートトン(907kg)当たり10ガロン(37.8L)の合成原油
が乾留により採取出来るものを高品位オイルシェール



中部電力は国際環境技術移転研究センターと組み2008年を目指し高温高圧の超臨界水のエネルギーを地下に圧入し、超重質油をC重油なみに分解し硫黄分をさげる実証試験を開始した。現在の転換コストは47ドル/バレルと高いが、量産することにより20ドル/バレルの低コスト事業化をもくろむ。採掘コストを含めても原油価格が30ドル代を超える時代に競争力を保てると見ている。



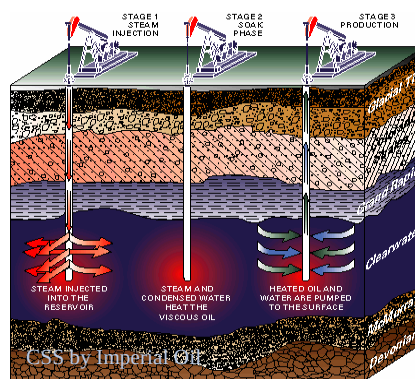
日経新聞記事(2004.8.29)

47

オイルサンドの回収法：露天掘りと地中回収法



露天掘りは地表から75m 程度までが対象。可採鉱量の約20%に対応。

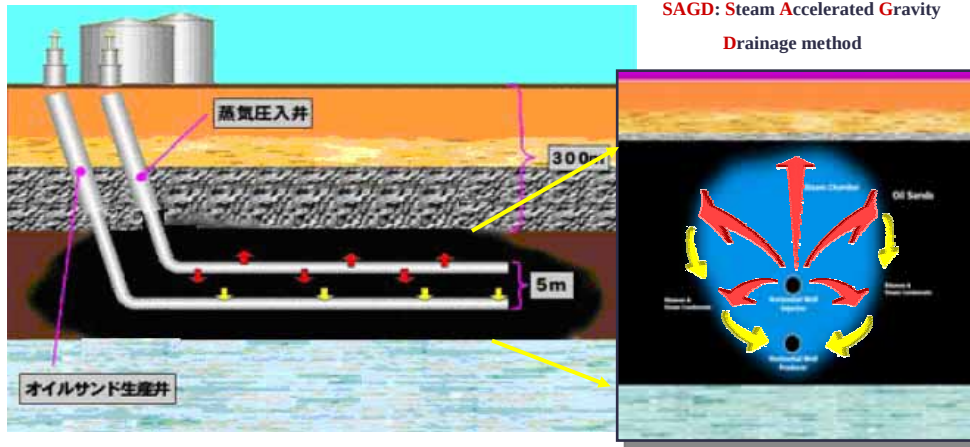


Imperial Oil がCold Lake Project で実施してきたCSS法

CSS法: Cyclic Steam Soak method

48

効率的なSAGD回収法の確立 JACOSほか

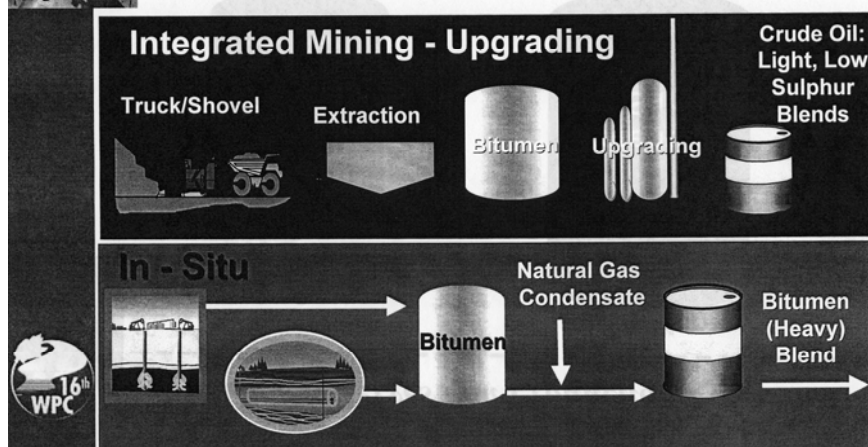


スチームチャンバーの範囲内は90%以上の
ビチューメンを回収できる。

49

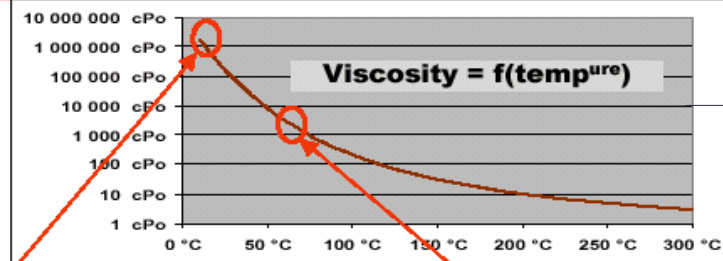
The Oil Sands Industry

化学工学のビジネスチャンス： アップグレイディング (改質)



50

オリノコ超重質油とカナダのビチューメンの違い

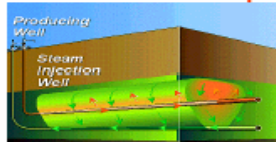


Bitumen
Extra Heavy Oil

Athabasca :

- T res. # 11°C
- $\mu > 1,000,000 \text{ cPo}$

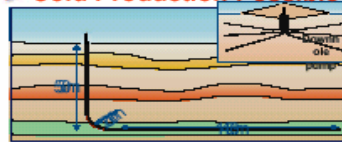
➡ Thermal Production Compulsory



Orinoco :

- T res. # 53°C
- $\mu \# 1,500 \text{ to } 3,000 \text{ cPo}$

➡ Cold Production Possible



Total 2003



API比重はほぼ等しい。地層温度が違うので粘性が異なる



Hangingsstone SAGD操業現場 オイルサンドの地質的・物性的特徴

初夏のJACOSプラント アルバータ州フォートマクマレー市

JAPEX

JACOS

カナダのオイルサンドの貯留層パラメータ

深度: 280 m
 層厚: up to 35 m
 孔隙率: 33%
 浸透率: 6.4 darcy
 初期圧力: 2000 kPa
 初期温度: 11°C

粘性率 (10°C) : 5,000,000 cp
 粘性率 (80°C) : 700 cp
 粘性率 (230°C) : 10 cp

比重: 8-10 ° API

冬期の地表におけるビチューメン



From Wag(2003)

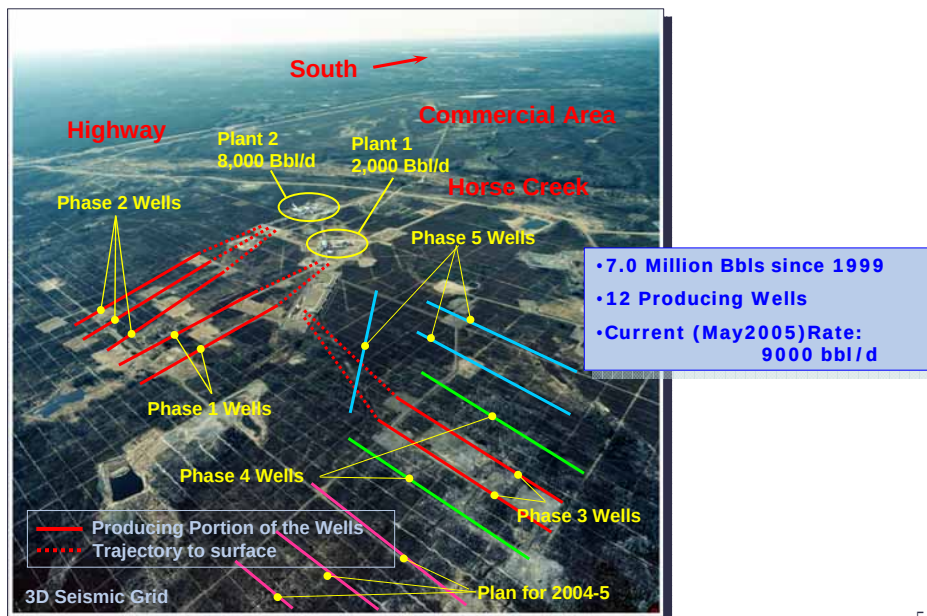
水より重い

JAPEX

石油資源開発（株）高橋氏提供

JACOS

Hangingsstone SAGD Operation



54

他社のSAGDプロジェクトの動向

- ◆ アサバスカ地域では、SAGD法を用いた商業プロジェクトが次々と立ち上がっている。

- ◆ **生産中**

EnCana	2001年～	3.5万bbl →	12万bbl
PetroCanada	2002年～	1.6万bbl →	17万bbl
Suncor	2004年～	1.1万bbl →	7万bbl
Nexen/Opti (pilot)	2003年～	2千bbl →	7万bbl
現在合計:		6.4万bbl →	43万bbl

- ◆ **計画中**

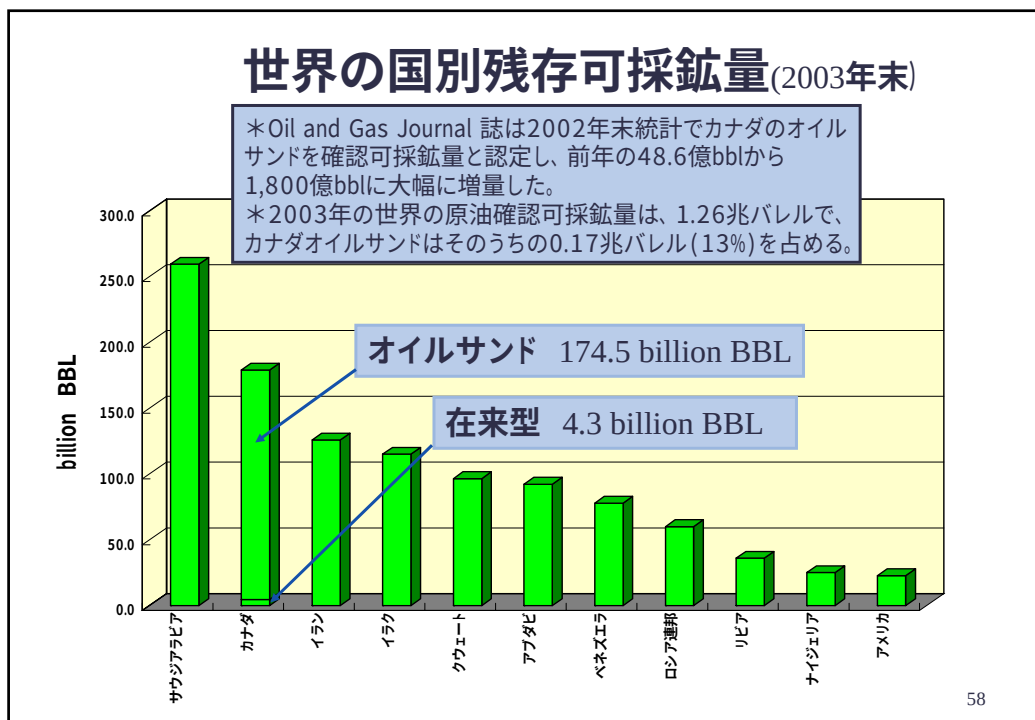
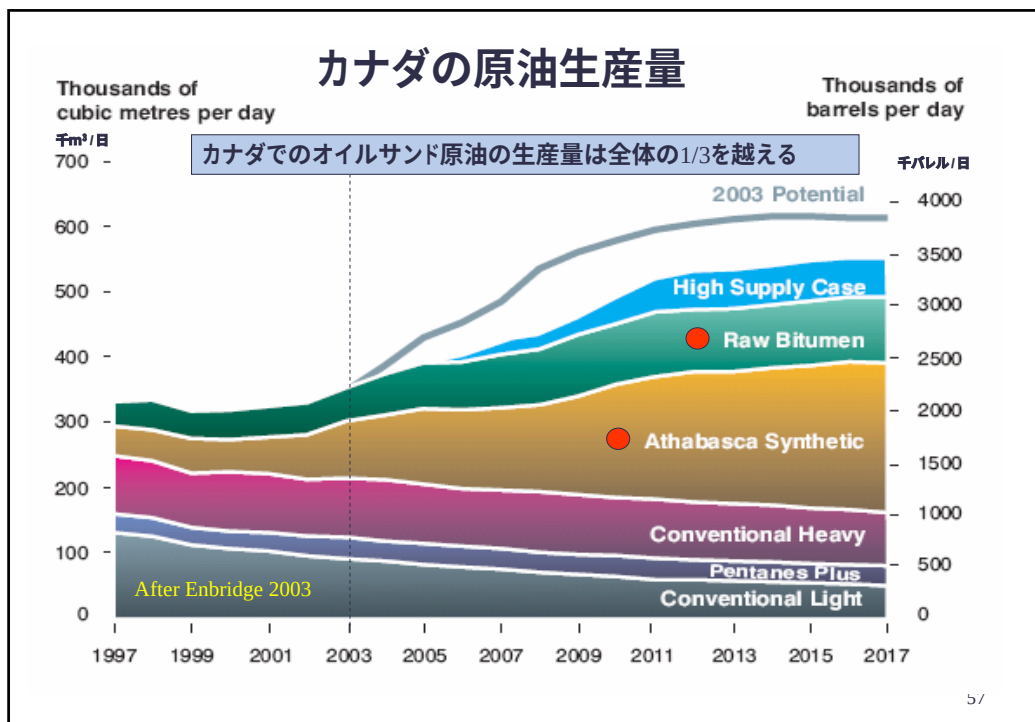
Husky	2005年～	→	23万bbl
Conoco	2006年～	→	10万bbl
BlackRock	2006年～	→	2万bbl
Devon	2007年～	→	3万bbl
他多数			合計38万bbl

表 非在来型石油の資源量評価

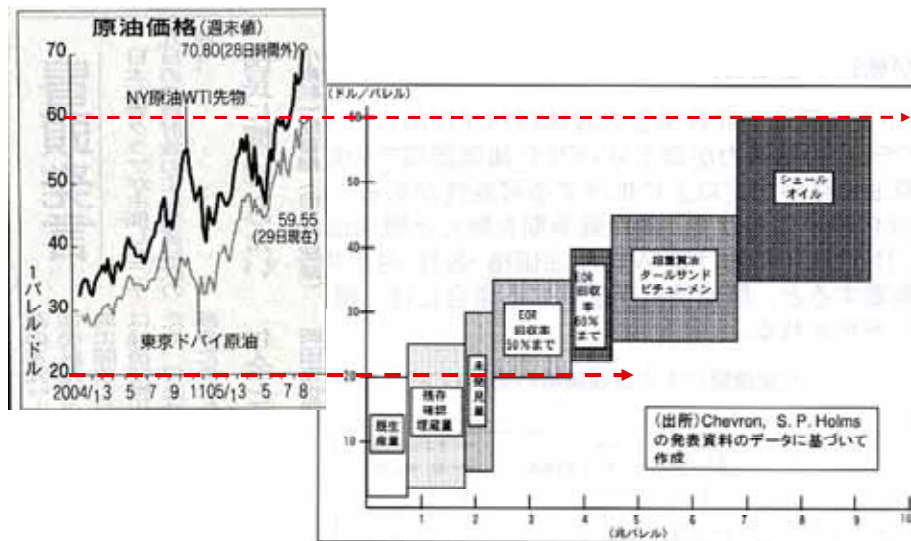
非在来型石油の種別	原始鉱量(兆bbl)	可採量(億bbl)	実績生産量(万b/d)
世界のオイルサンド*	3.12	460? (当時過少評価?)	PIW誌 Mar.15 2004
カナダのオイルサンド:	1.6～2.5	1,750～3,100	2003年 2004年
現在開発対象:	770億bbl	117億bbl (回収率:15.2%)	Syncrude 43 54 Bitumen 43 53 86 107
世界のヘビーオイル*	1.30	2,500	不明
オリノコヘビーオイル:	1.20	2,350 (回収率:22.5%)	10 + : (orimulsion)
世界のオイルシェール*	6.59	3,600	不明
米国のGreen River 層:	1.58	215	6,500b/d in 1989
太平洋OECD(Australia)	0.95	236	オーストラリアStuart鉱床 4,500b/d in 1999

*) 出典: Rogner, Hans-HolgerのIIASA報告 (May 1996)

在来型石油: 究極可採=3 兆bbl)、既生産=8,500億bbl、確認=9,100億bbl、
(NGLを含む) 埋蔵量成長=4,700億bbl、未発見=7,800億bbl



在来・非在来石油資源の回収順序と原油価格の関係



出典：第1回需給部会配付資料（日本エネルギー経済研究所）

59

今日のお話の構成

1. 最近の原油高騰と日本のエネルギー戦略
2. ピークオイル論と石油需給緩和策
3. 新技術による石油供給能力の維持
 - ① 深海・極海・僻地の高コスト探鉱、② EOR新技術
 - ③ 超重質原油の採掘とアップグレイディング
4. 石油代替液体燃料の研究開発・商業化
 - ④ バイオマス系燃料 ⑤ 天然ガスの化学的液化 (GTL)
 - ⑥ 石炭ガス化・液化 (CTL)
5. 天然ガス利用のすすめ・・そしてまとめ

60

石油代替液体輸送用燃料の特性

⑤天然ガスの化学的液化

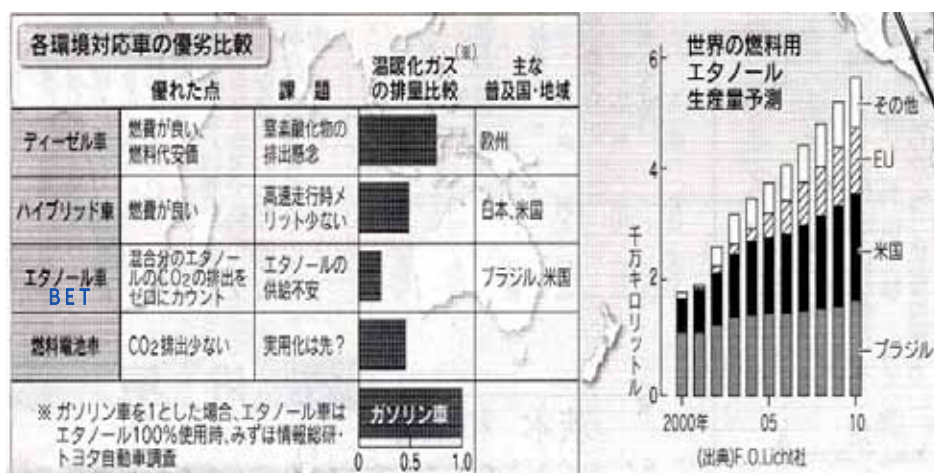
④バイオマス系液体燃料

	GTL	DME	ETBE	BET	BDF	BTL
石油依存度の低下	◎	◎	△	○	○	○
CO ₂ 削減効果	—	—	○	◎	◎	◎
NOx・PM削減	◎	◎	要検証	要検証	要検証	◎
使用原料	化石資源	化石資源 (バイオマスも可)	化石資源+ バイオ資源	バイオ資源 (トウモロコシ・サトウキビ)	バイオ資源 (パーム・大豆)	バイオ資源 (廃木材、建設廃材など)
混合対象	軽油	単独使用	ガソリン	ガソリン	軽油	軽油
既存エンジンで使用可能か	軽油と混ぜれば可	ディーゼルエンジンを改良すれば可	ガソリンと混ぜれば可	ガソリンと混ぜれば可	軽油と混ぜれば可	軽油と混ぜれば可

2005.4.25付朝日新聞を元に作成

61

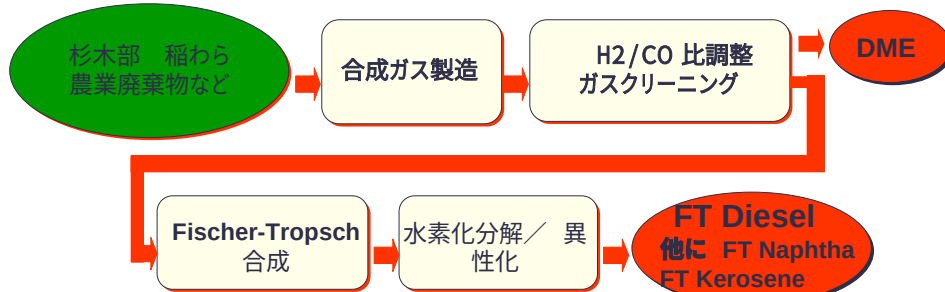
バイオマス燃料(BET)によるガソリン車の代替



日経新聞 Sunday 視点(2006.5.14)

62

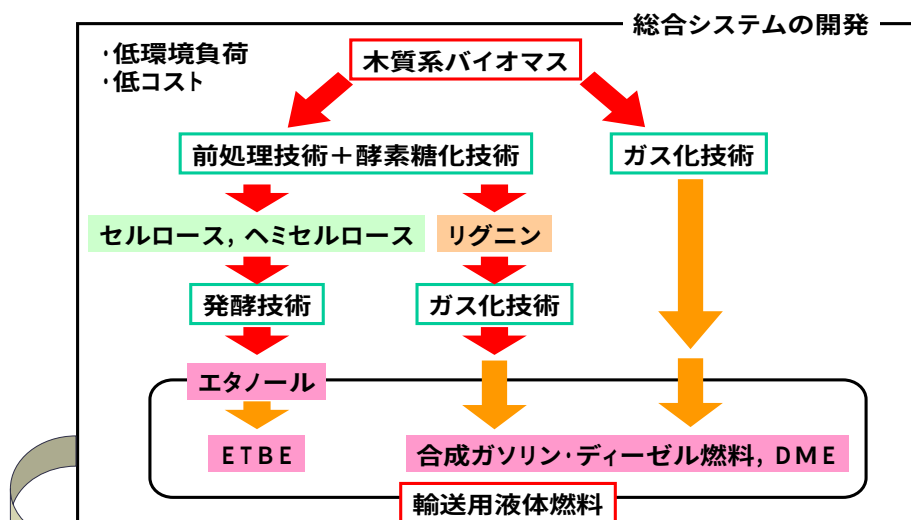
BTL (Biomass To Liquid) とは？ バイオマスからFT軽油を製造する技術



多段階の反応—触媒を中心とした産総研のバイオマス研

- バイオマスから合成ガスを製造する技術: *ガス化、ガスクリーニング、水素／CO比調整
- 合成ガスの液化技術: *Fischer-Tropsch 合成, ワックス分解／異性化による軽油分への変換、*その他: DME合成

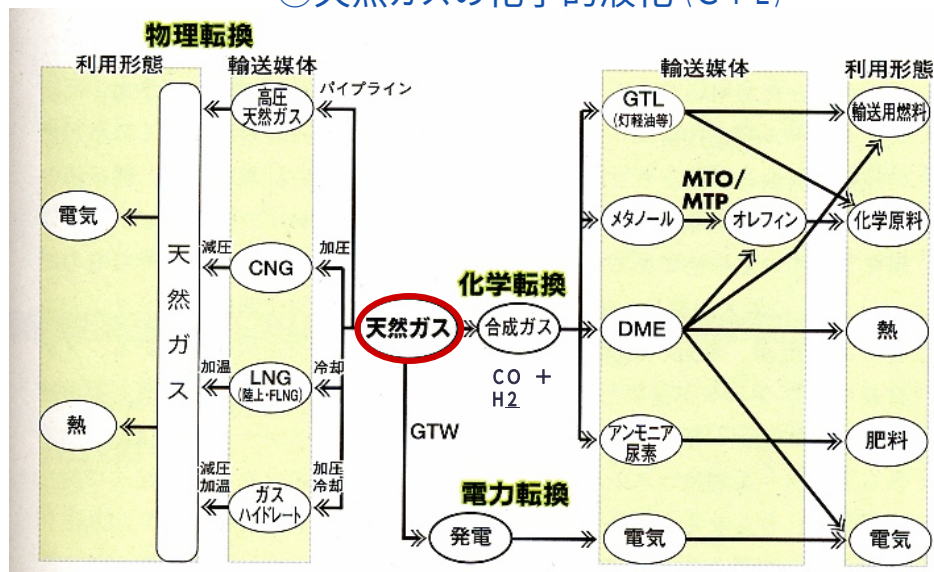
木質系バイオマスからの液体燃料製造トータルシステム開発



波及効果

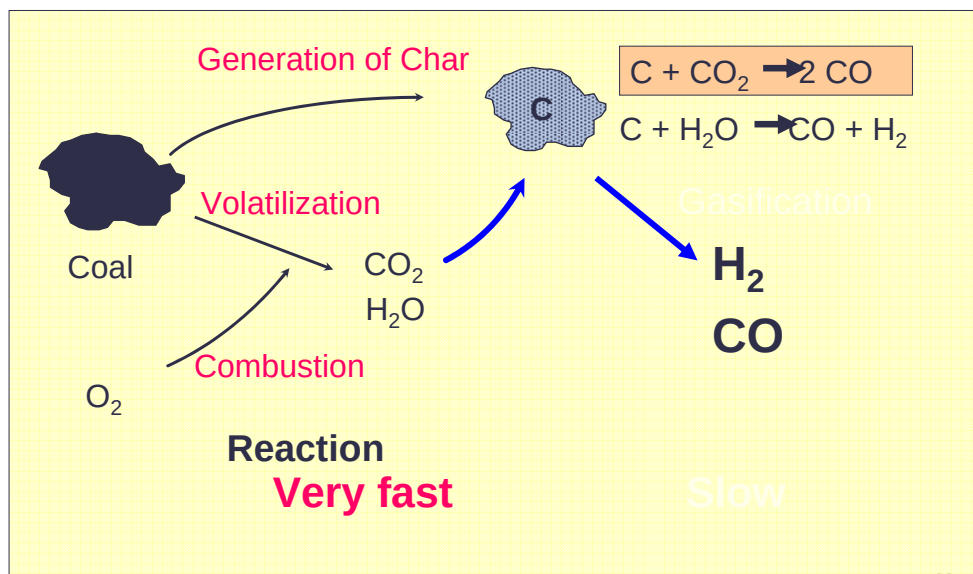
- ・自動車等輸送用燃料の代替による二酸化炭素削減
- ・国内資源によるエネルギー生産技術
- ・バイオマス系新産業・新規雇用の創出

⑤天然ガスの化学的液化 (GTL)



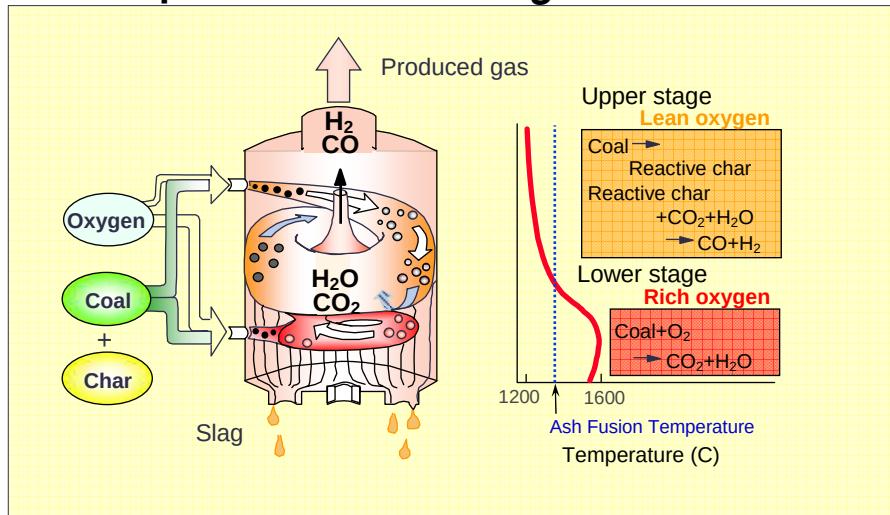
JOGMECの鈴木信市氏の論文 (石油・天然ガスレビュー2005.9 Vol. 39 No. 5, p.46
65

⑥石炭ガス化・液化 (Coal To Liquid)



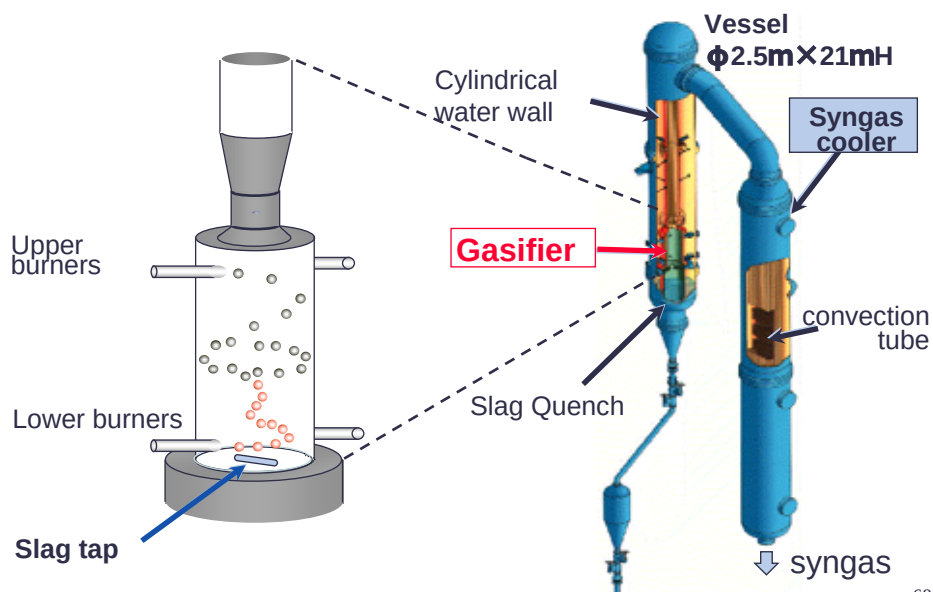
66

Principle of the HYCOL gasification



67

Structure of the EAGLE gasifier

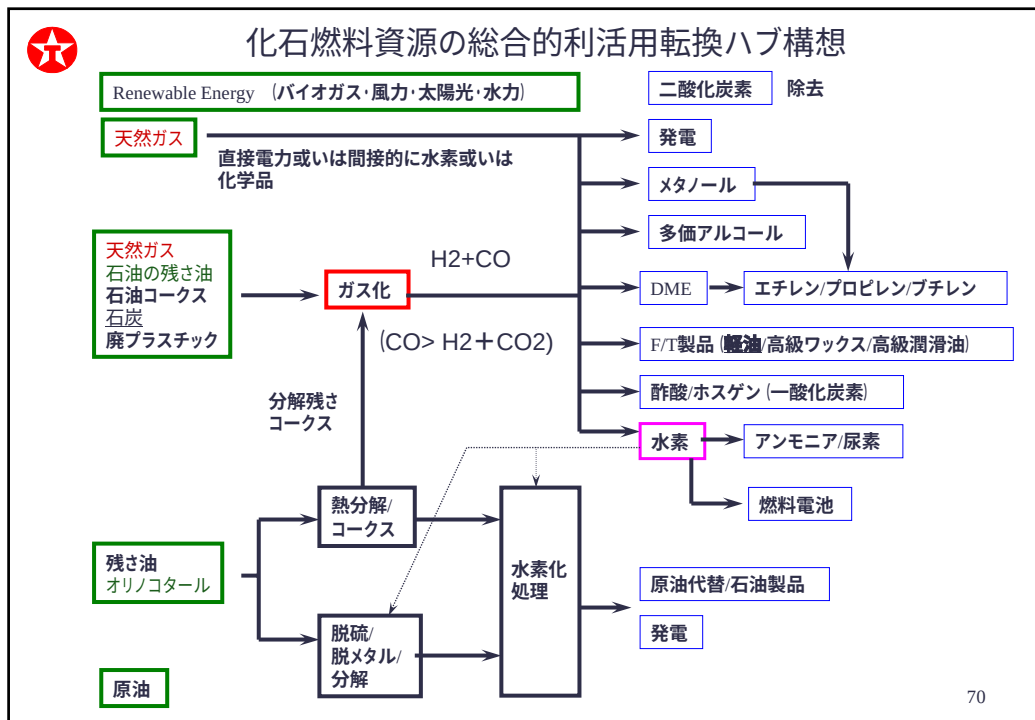


68

Whole view of the EAGLE pilot plant under construction(九州、若松市)



69

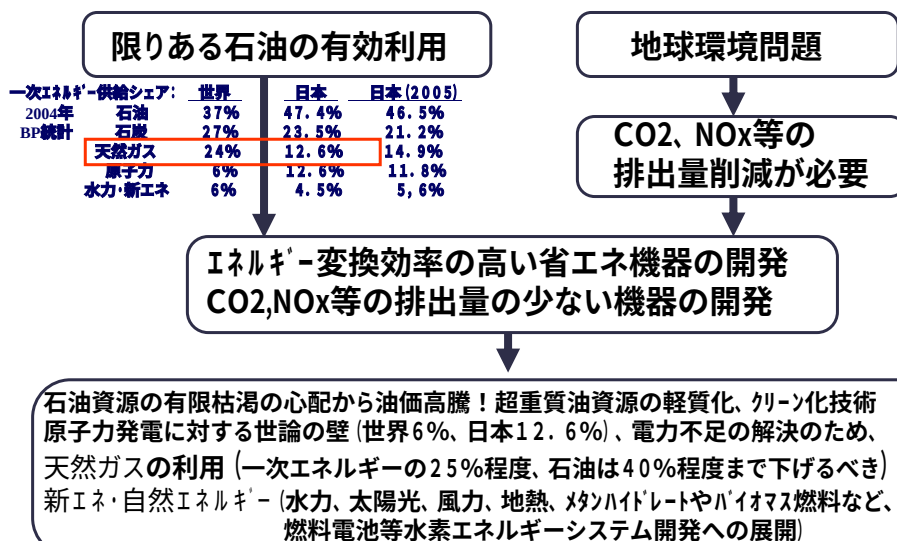


今日のお話の構成

1. 最近の原油高騰と日本のエネルギー戦略
2. ピークオイル論と石油需給緩和策
3. 新技術による石油供給能力の維持
 - ① 深海・極海・僻地の高コスト探鉱、② EOR 新技術
 - ③ 超重質原油の採掘とアップグレイディング
4. 石油代替液体燃料の研究開発・商業化
 - ④ バイオマス系燃料 ⑤ 天然ガスの化学的液化 (GTL)
 - ⑥ 石炭ガス化・液化 (CTL)
5. 天然ガス利用のすすめ・・・そしてまとめ

71

なぜこれから、天然ガスなのか!



72

天然ガスは地球環境に一番優しい化石燃料

LNG（液化メタンガス）の形で天然ガスを輸入しているわが国の場合、 CO_2 や N_2 、 H_2S 等の不純物は生産地で分離され、液化されたメタンガス分のみが輸入されている。
石炭の CO_2 排出原単位（101.02gr/1000kcal）を100として比較すると、

石炭、石油、LPG、LNG

燃焼時の CO_2 排出量比： 100: 77: 67: 55 と少なくなる。

LCA手法*)による CO_2 排出量比： 100: 78: 71: 65

*) 1998年の日本エネルギー経済研究所が行った環境負荷評価報告による

73

多彩な天然ガスの用途拡大の可能性

1kgの化石燃料の発熱量 (Kcal/kg) の比較

	石炭 (輸入一般炭)	標準原油 (比重0.86)	天然ガス
発熱量 (kcal/kg)	6,200	10,756	11,395
発熱量の比	1.00	: 1.73	: 1.84

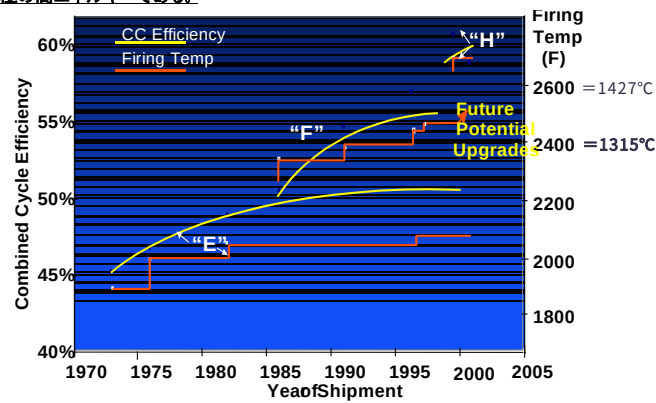
と、やはり天然ガスの優位性は見られる。

- ① 廃熱を利用した高効率CCGT発電
- ② 環境に優しい天然ガス系輸送燃料
(GTL、Methanol、MTBE、DMEなど)
- ③ 分散型エネルギー利用システムを創る燃料電池と
マイクロガスタービン

74

① 廃熱を利用した高効率CCGT発電

炭化水素の組成元素の発熱量は、水素が 34,000 kcal/kgで、炭素が 7,800kcal/kgを基に計算される。つまり天然ガスのように水素含有量が多い炭化水素ほど発熱量が大きくなる。H/C比を比較すると、木材:石炭:石油:天然ガス= 1/10: 1/1 : 2/1 : 4/1と増加することから天然ガス(メタン)は化石燃料の中で究極の高エネルギーである。



ガスタービン発電@1500°C + 蒸気タービン@低い温度

Fig Combined Cycle Gas Turbine Efficiency

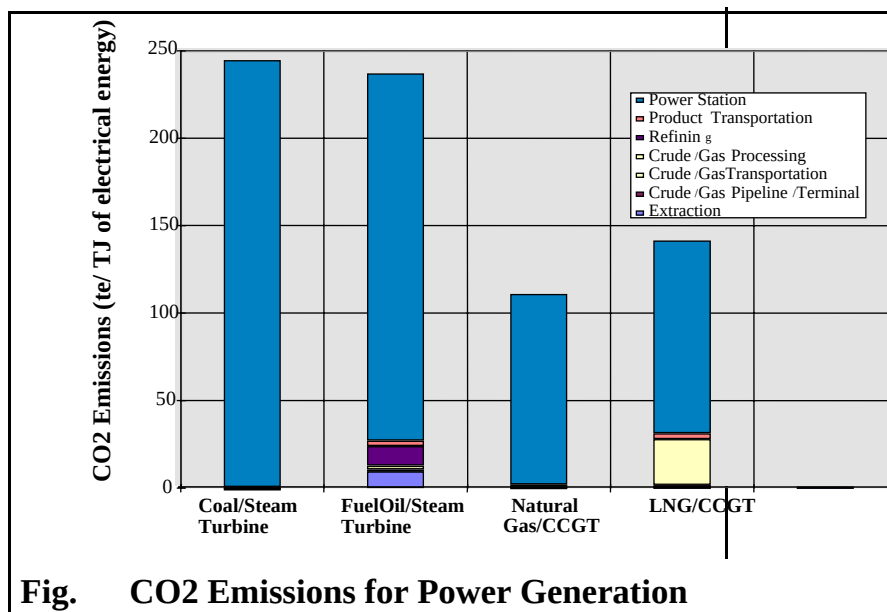
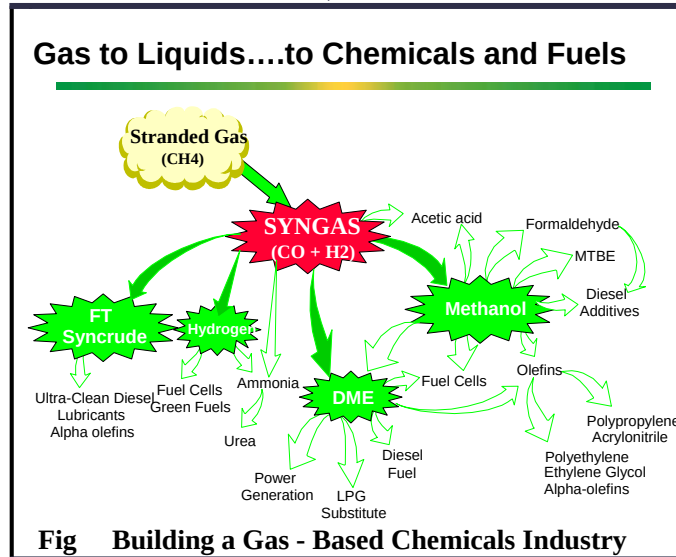


Fig. CO2 Emissions for Power Generation

② 環境に優しい天然ガス系輸送燃料

(GTL、Methanol、MTBE、DME)

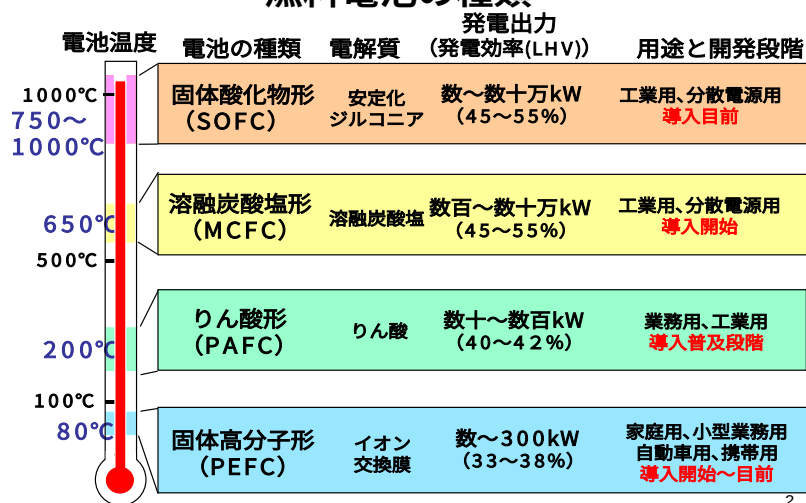


天然ガス自動車
(NGV)
1990年代に普及し始
める。
1997年末 2093台
1998年末 3,640台
2004年末 17,381台
参考：ハイブリッド車
196,594台

77

③ 分散型エネルギー利用システムを創る燃料電池と マイクロガスタービン

燃料電池の種類



2

78

世界の天然ガス貿易 (2003年)

*世界全体の天然ガス商業生産量：年間92.2 tcf (この8割強が産ガス国内で消費される。)

*国際貿易量： 22.1 tcf (商業生産量の24.0%に過ぎない)

内訳：パイプライン貿易量... 16.1 tcf (67.1%)

LNG タンカー貿易量... 6.0 tcf (22.9%) これは世界の天然ガス消費量の6.5%

LNG 年間 約 1億2,520万トン、前年比伸び 12.1%

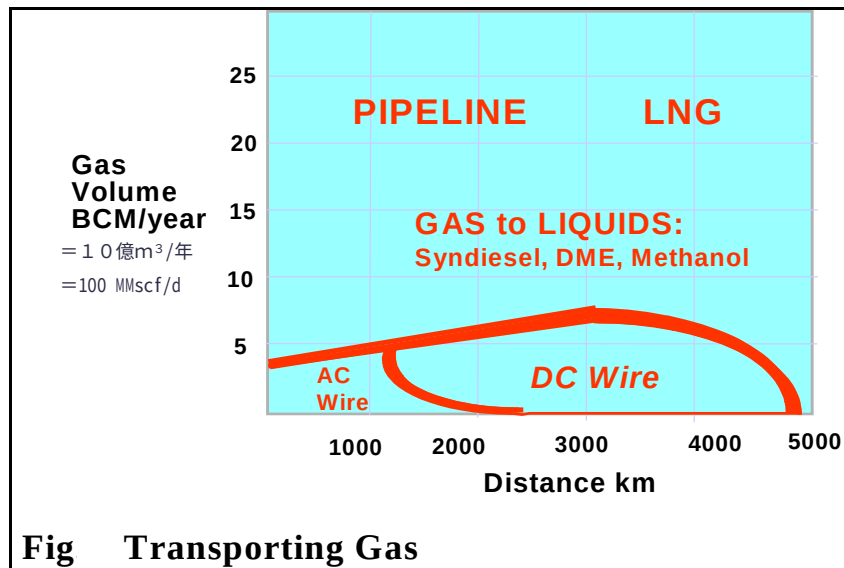
LNG 輸出国		LNG 輸入国	
① インドネシア	21.1%	① 日本	47.2%
② アルジェリア	16.6%	② 韓国	15.5%
③ マレーシア	13.9%	③ ス페인	8.9%
④ カタール	11.4%	④ 米国	8.5%
⑤ トニダット・トハコ	7.1%	⑤ フランス	5.8%
⑥ ナイジェリア	7.0%	⑥ 台湾	4.4%
⑦ 豪州	6.2%	⑦ イタリア	3.3%
⑧ ブルネイ	5.7%	⑧ トルコ	3.0%
⑨ オマーン	5.5%	⑨ ベルギー	1.9%
⑩ UAE	4.2%	⑩ ポルトガル	0.5%
⑪ 米国 ⑫ リビア	1.3%	⑪ アメリカ ⑫ リビア ⑬ ドミニカ	1.0%

*わが国の天然ガスはすべてLNGの形で2003年度は5,842万トン (約760億m³) 輸入されており、世界のLNG貿易の47.2%を占める。2位の韓国15.5%に大きく水をあけている。
天然ガス移行を唱えながらLNGのみで将来のガス供給が保証され得るのか。大きな命題が横たわっている。

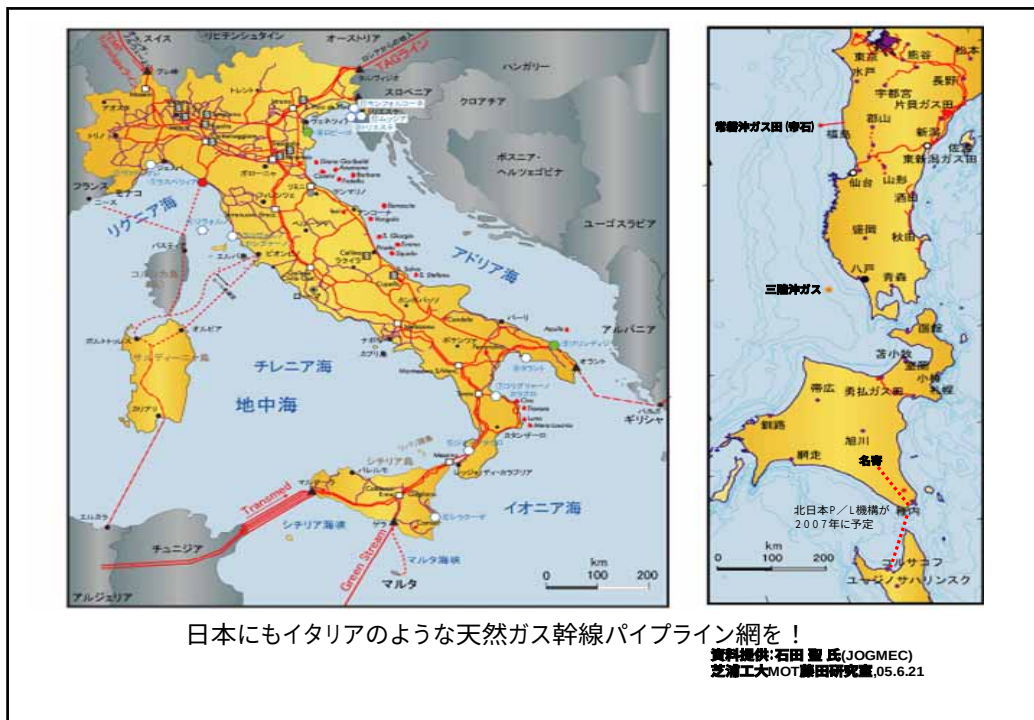
出典：Natural Gas In The World 2003, CEDIGAZ

79

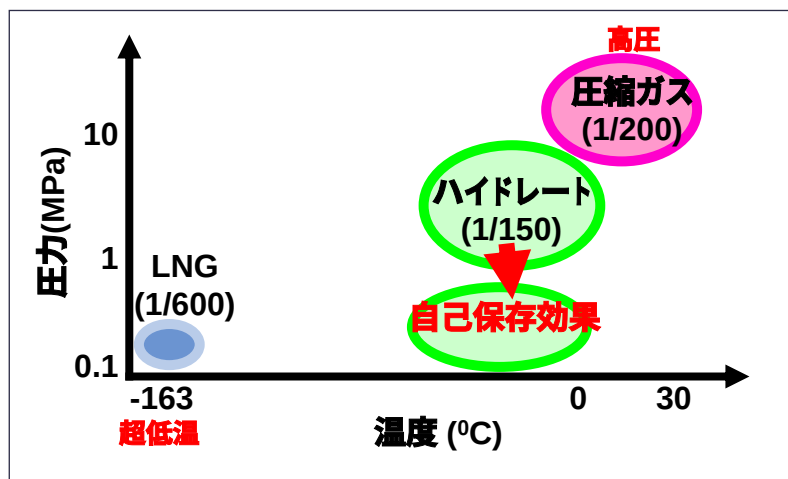
天然ガスの輸送問題



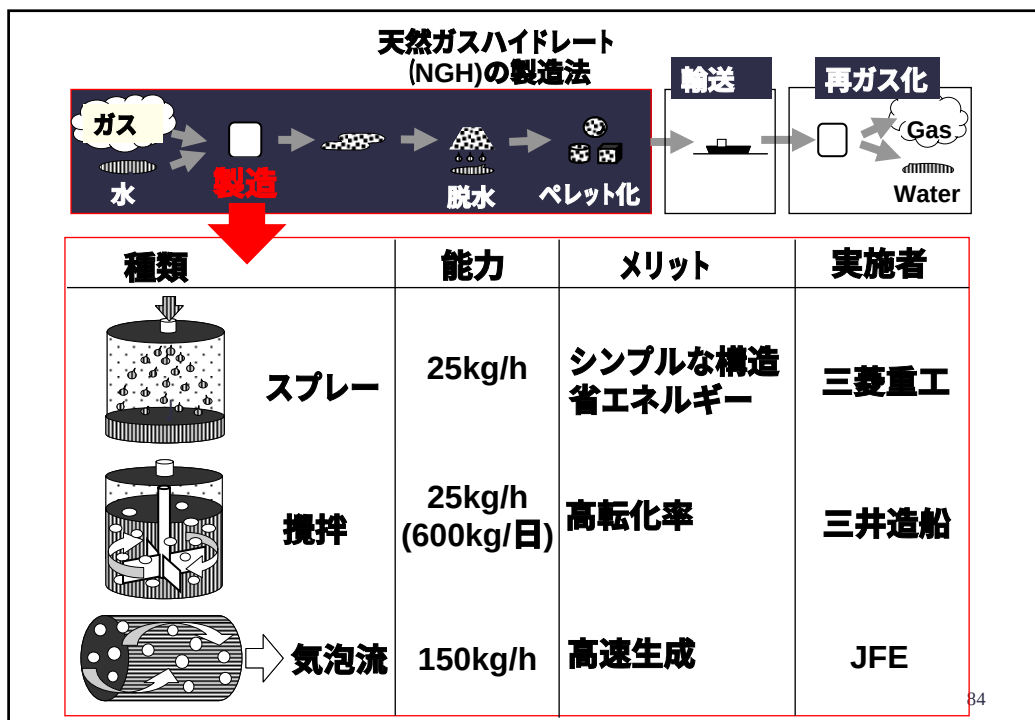
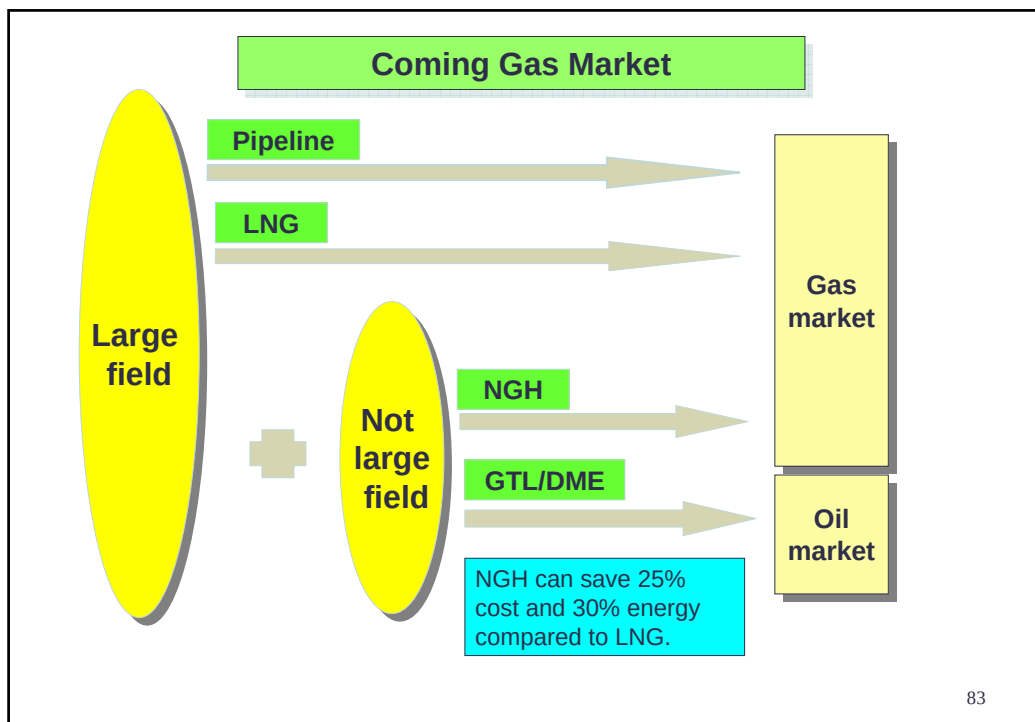
80



ガス貯蔵・輸送媒体としての魅力



ハイドレートは温和な条件で多量のガスを貯蔵できる。

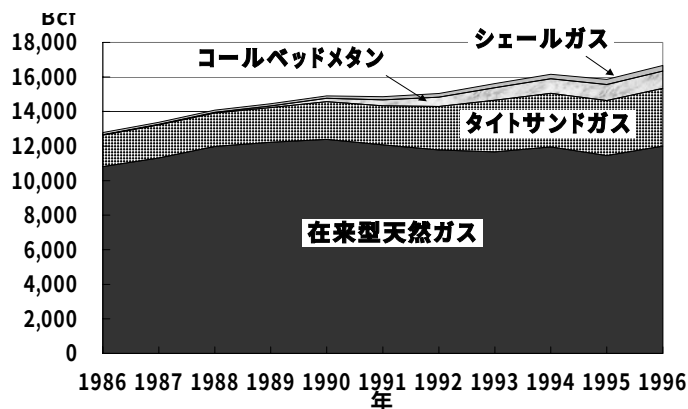


非在来型ガスの膨大なポテンシャル

①タイト サンドガス (Tight Sand Gas)	地殻深部(4000~6000m)のガス浸透率0.1md以下、孔隙率5~15%、水飽和率30~70%の固く締まった(タイトな)地層に存在する天然ガス。
②コール ベッドメタン (Coal Bed Methane)	石炭層の割れ目や微細な孔隙空間に遊離ガスとして存在するメタンガス 近年、米国のほか中国、インド、ドイツで事業化を急展開している。
③シェール ガス (Shale Gas)	米国東部Appalachian堆積盆の下部に分布する頁岩層(Devonian Shale,孔隙率4%以下、浸透率0.001~2.0md)の割れ目内に存在するメタン。
④地圧水溶性ガス (Geopressured Gas)	地殻深部の異常高圧層の地層水(Brine, 流体圧力勾配が0.465~1psi/ftと高い)に溶解したガスで、高圧下のガス量は地表の体積では膨大となる。
⑤メタン ハイドレート (Methane Hydrate)	メタン分子と水分子からなるクラスター状の固体物質(深海底堆積層中や永久凍土地帯の土質堆積物中に広範に分布) 日本近海の南海トラフが焦点。
⑥地球深層 ガス (Deep Earth Gas)	米国コーネル大学のゴールド博士が1987年に自著で、地球創生時にメタンが地下10~20kmの沈み込み帯に封じ込まれていると無機起源説を提唱。旧ソ連やスウェーデンで大深度試掘を実行したが資金断念。未だ未確認。

85

米国における天然ガス生産量の推移 (出典: Gas Research Institute)



2000年 米国 ガス生産量実績

・国内ガス総生産量	19.2 tcf (100%)
内訳: 陸上ガス田	8.8 tcf (46%)
海上ガス田	4.8 tcf (25%)
非在来型	5.6 tcf (29%)
内訳: ・タイトサンドガス	3.7 tcf (66%)
・コールベッド	1.4 tcf (25%)
・シェールガス	0.5 tcf (9%)

86

まとめ

① 石油資源は有限枯渇の運命！

確認埋蔵量のほぼ半分近くを取りつくした21世紀の初頭で世界の在来型原油の供給量はアメリカの姿のように確実に**原油供給の減退枯渇期(ピークオイル)**が近い将来に訪れよう！同時に原油価格の上昇を呼び高エネルギー価格時代に入る。資源楽観派は新技術があるからどうにかなると言うが、これらの原油生産レートは低く、油質が悪く益々コスト高となる。

そこで、**在来型原油以外の流体エネルギー資源(LPG、NGL、超重質原油、中小マージナル油・ガス田、GTL、CBM、Methane Hydrate等)**の開発実用化のビジネスチャンスあり！エネルギー供給コスト競争の時代到来するので「化石燃料の総合的利活用のための転換ハブシステム構想の先端テクノロジーの実用化が鍵です！21世紀のビジネスチャンスはエネルギー業界にありう！」

② 石油消費を抑えるための省エネと新エネ技術革新のススメ！

石油の値段が上がり、貴重なものとなるなら当然の摂理はそれを大切に使う**省エネ技術革新**と家庭や社会啓蒙「**もったいない**」活動が必須となります。また京都メカニズムへの対応としてわが国が国際的義務を達成するためにはこの機に本格的に**分散型エネルギー利用技術開発**に取り組むべきでしょう

③ 大切なことは！

わが国は世界第2位の経済大国(GDP36,200ドル/人)、世界第4位のエネルギー大消費国責務として、**ナショナルセキュリティ**の視点からエネルギー開発、地球環境分野に**わが国は積極的な研究開発と事業投資が必須！**

わが国の若い世代が資源・エネルギー分野離れしないよう、夢と希望を持ち取り組める**次世代クリーンエネルギー利用技術**および**新エネルギー産業の創成(イノベーション)**を行い学問・技術・現場 経験の伝承を期待したい。

(芝浦工大のMOT大学院工学マネジメント領域で地球環境・エネルギー戦略の開拓に私は挑む！)



ご静聴ありがとうございました！