

第45回研究報告討論会

インドのエネルギー情勢と 新エネおよび省エネ政策の動向

2009年9月14日(月)

(財)日本エネルギー経済研究所

戦略・産業ユニット

久谷 一郎(第1部)

八木 俊晴(第2部)

本蔵 満(第3部)

なぜインドの動向を見るのか？

急速な経済成長と、
成長ポテンシャル

エネルギー需要の増大、
輸入依存度の高まり

・エネルギー市場
・地球環境問題
への影響は？

- アジア及び世界のエネルギー需給バランスや市場安定化、地球環境問題等の先行きにとって、インドの「エネルギー需給動向」や「政策展開」は極めて大きな影響を及ぼすと考えられる。



インドが抱える課題とは？

- 拡大し続けるエネルギー需要への対処
- 貧困対策、地方の生活水準向上
- 環境問題(公害問題と地球環境問題)



- こうした課題をバランス良く解決するための取組を強化しつつある。
 - 原子力発電 } ⇒エネルギー供給の確保、多様化
 - 新エネルギー } ⇒エネルギー供給の確保、多様化
 - 省エネルギー ⇒エネルギー需要の抑制

報告の構成

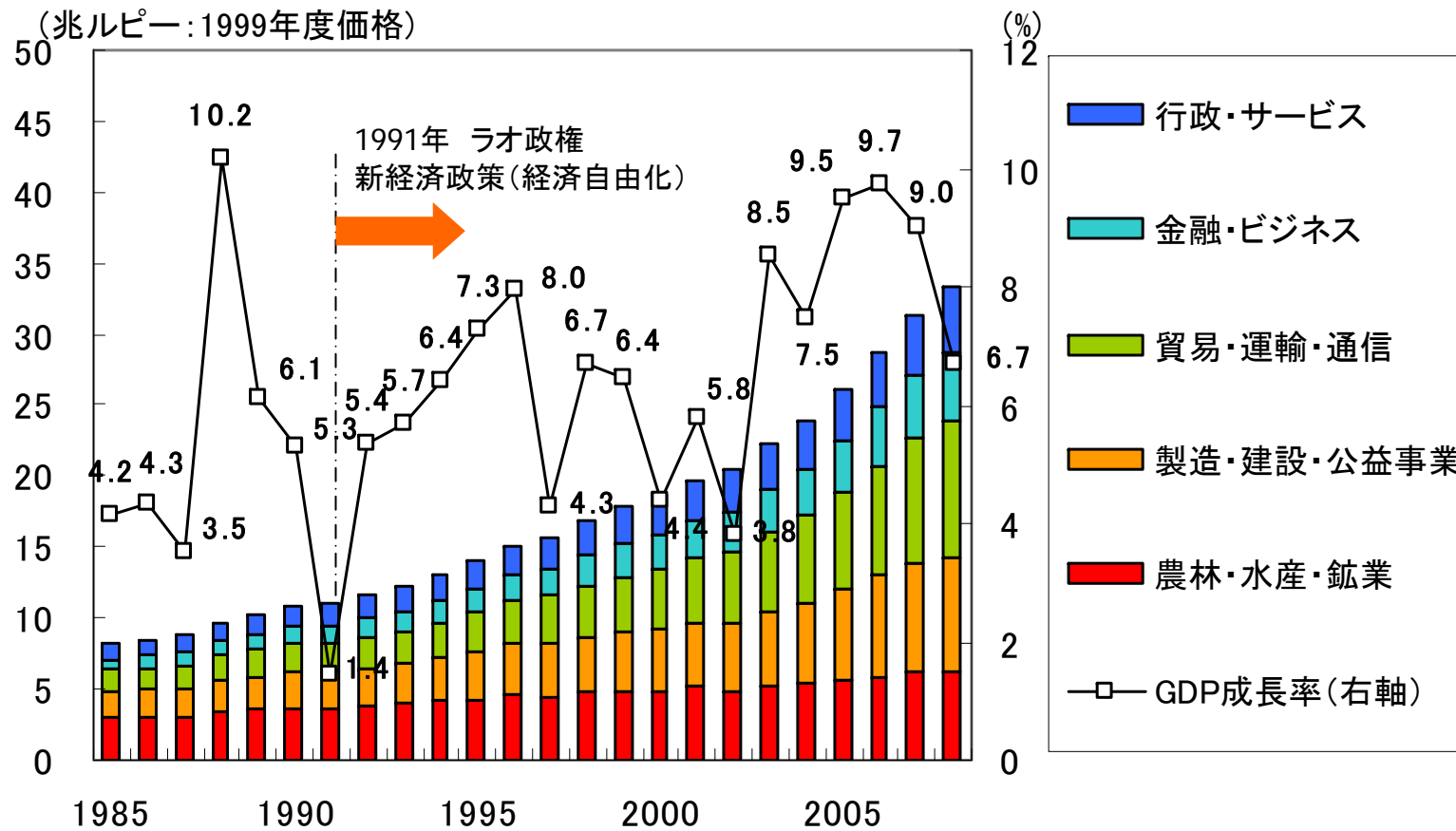
- インドの概況
 - エネルギー需給
 - エネルギー政策
- インドの新・再生可能エネルギー政策  報告 第2部
と太陽光発電
 - 新・再生可能エネルギー政策
 - 太陽光発電
- インドの省エネルギー政策  報告 第3部
 - エネルギー効率の実態
 - 省エネルギー政策
- 全体のまとめ・インプリケーション

■ エネルギー需給

(原子力・新エネ・省エネへの取組を強化する背景)

経済成長(GDP)

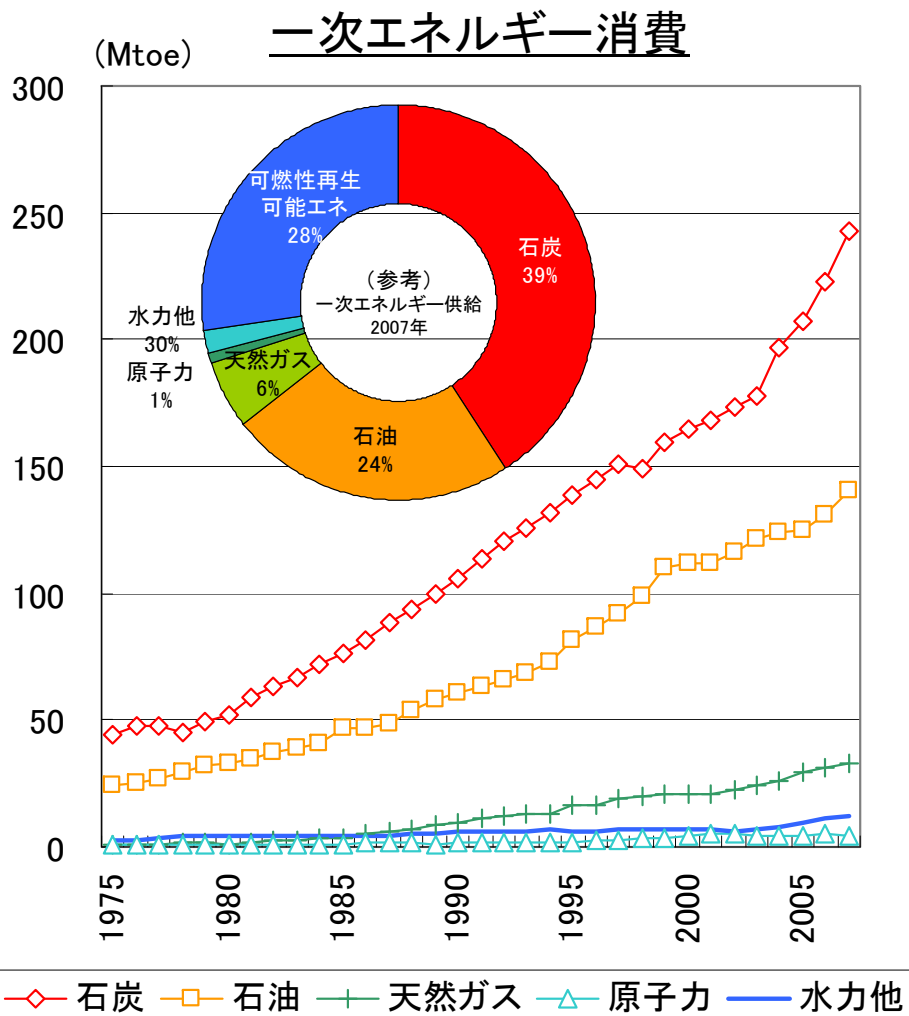
- 2008年は減速したもの、引続き高い経済成長が見込まれている。



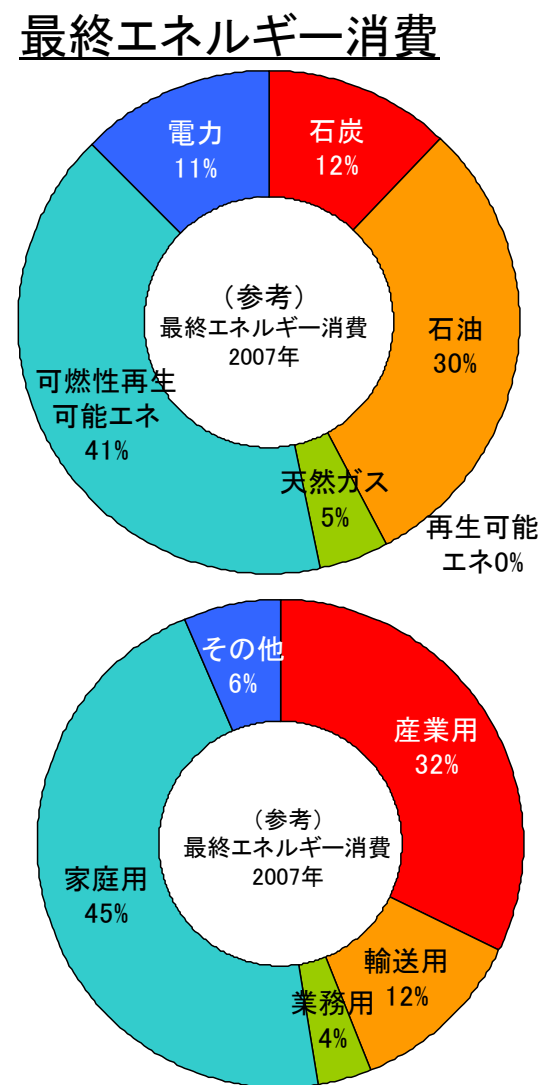
(出所) Ministry of Statistics and Programme Implementation, National Account Statistics

エネルギー消費

- 発電用の石炭需要、自動車・産業用の石油需要が急増。



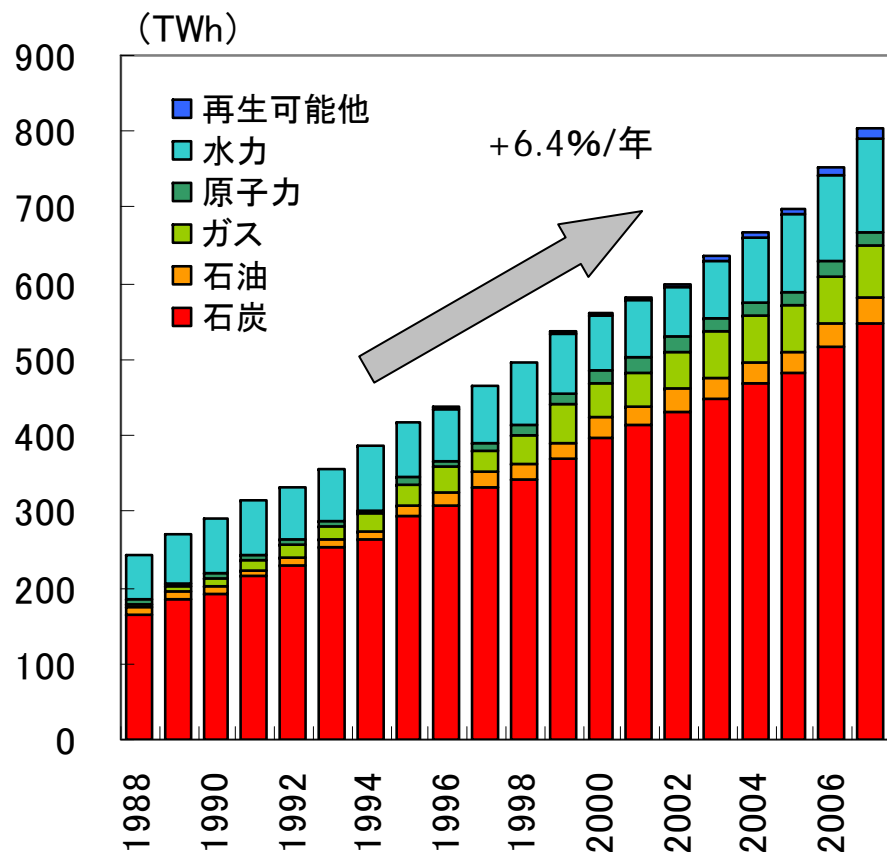
(出所)IEA「Energy Balance of non-OECD countries 2009」



電力需要

■ 電力需要が急増し、電源の確保が急務に。

発電電力量



(出所)IEA「Energy Balance of non-OECD countries 2009」

(参考)発電設備容量[GW]
2009年5月末時点

	火力	原子力	水力他	合計
中央	36.3	4.1	8.6	49.0
州	47.0	-	29.3	76.4
民間	12.8	-	12.2	25.0
合計	96.0	4.1	50.2	150.3

(出所) Central Electricity Authority

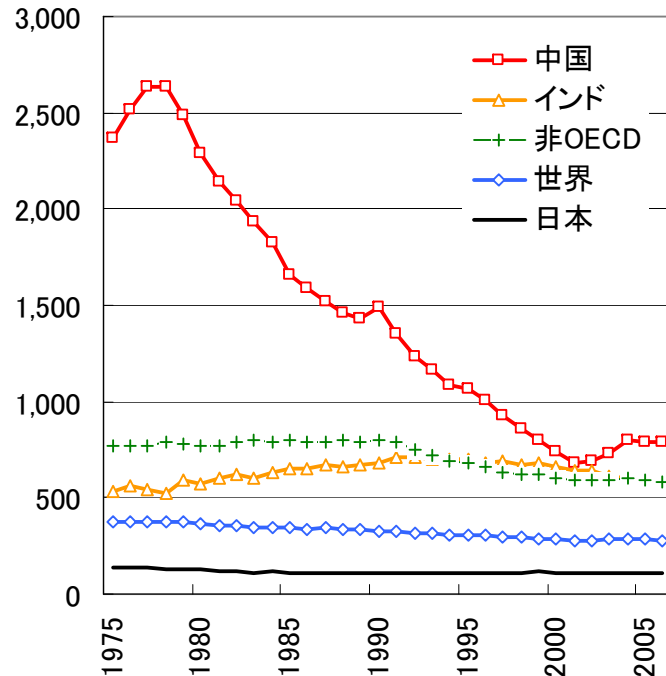
- 第10次5ヵ年計画期間(2002-06年度)における発電設備増加は41.1GWの計画であったが、実績は21.1GWの追加。
- 第11次5ヵ年計画期間(2007-11年度)の目標は78.6MWの増加。2年経過時点の実績は、17.1MWの増加に留まる。
- 2008年度のピーク時の最大電力不足は平均11.9%、最も深刻な西部地域では19%に達する。

エネルギー消費原単位

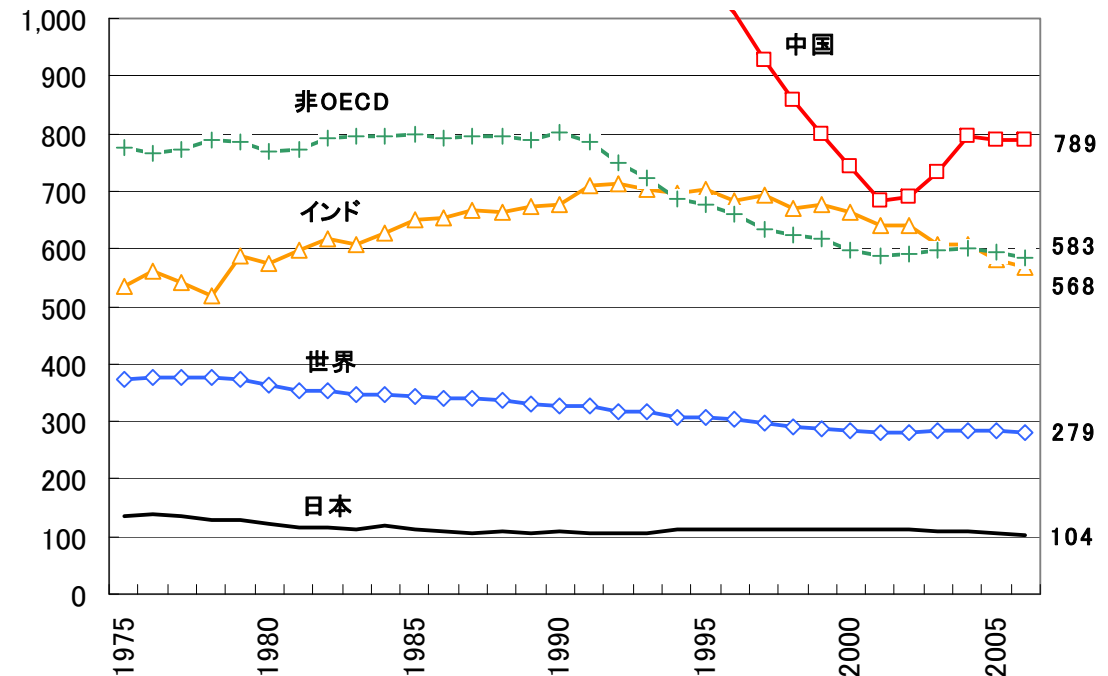
- エネルギー利用の効率化は徐々に進展しているが、改善余地が大きい。

GDP当りの一次エネルギー消費

(toe/2000年価格100万米ドル)



(toe/2000年価格100万米ドル)

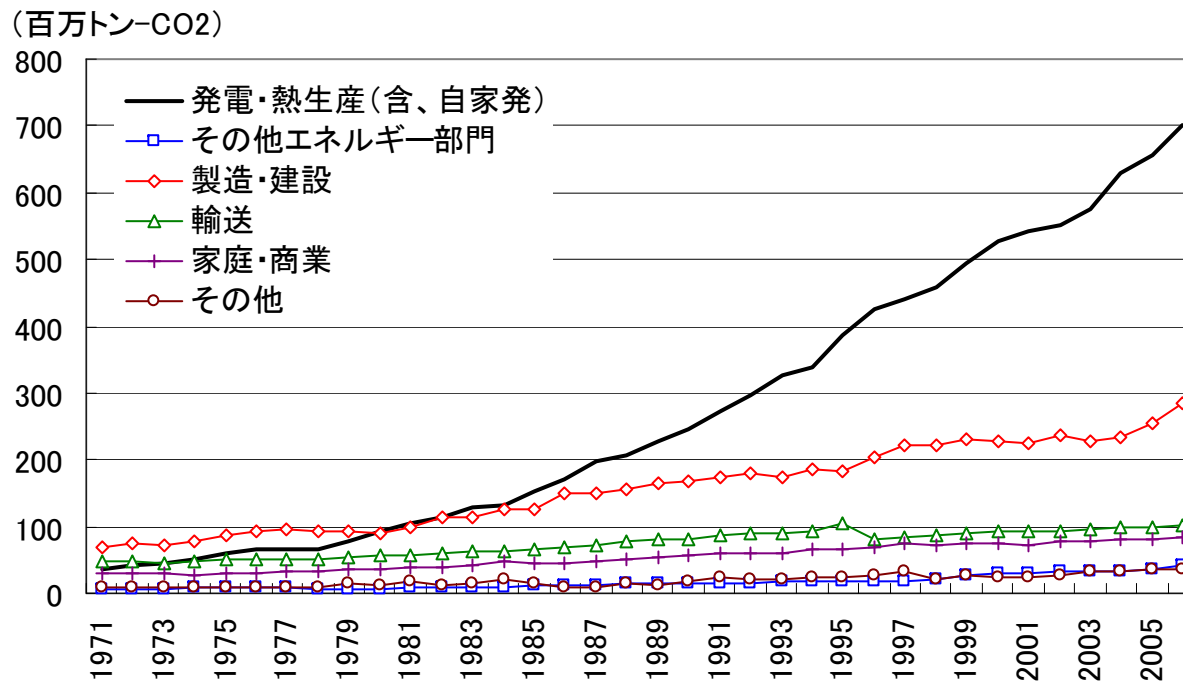


(出所) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」

環境問題

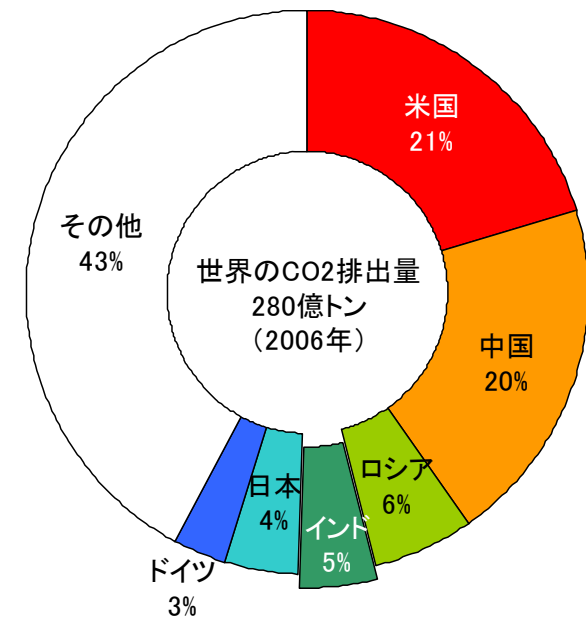
- エネルギー消費の増加に伴い、発電部門を中心にCO₂排出量が急増。
- 大気や水質などの汚染も深刻に。

インドの部門別CO₂排出量



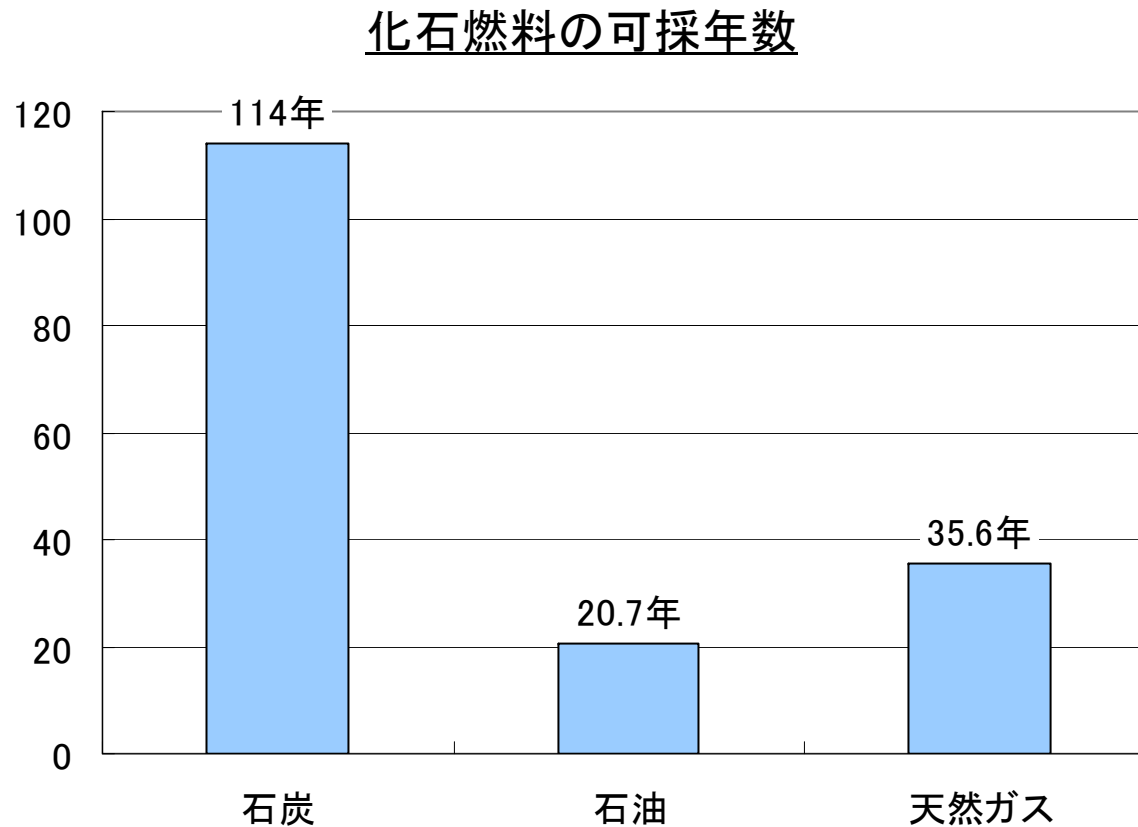
(出所)IEA「CO₂ emission from fuel combustion 2008」

世界のCO₂排出量



化石燃料の可採年数

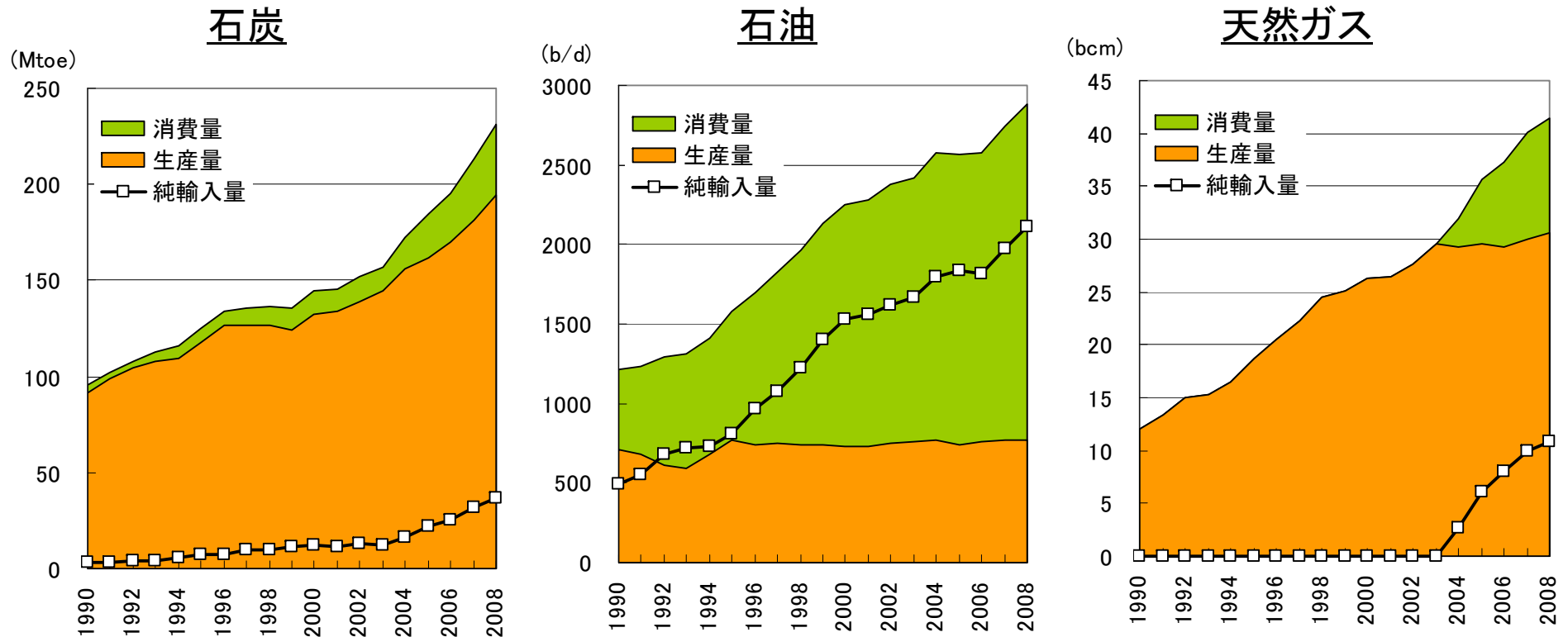
- 石炭を中心に、化石燃料資源を有するが...



(出所)BP「Statistical review of world energy 2009」

エネルギー別 輸出入量の推移

- 化石燃料の輸入依存度が高まる傾向に。

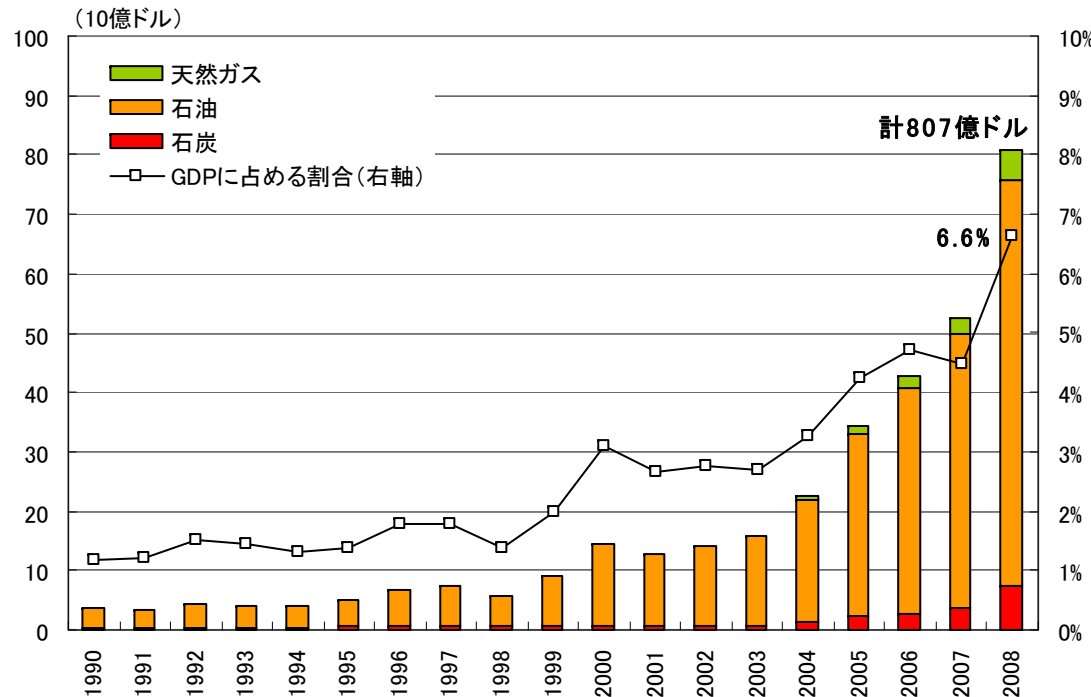


(出所)BP「Statistical Review of World Energy June 2009」

エネルギー輸入による財政負担

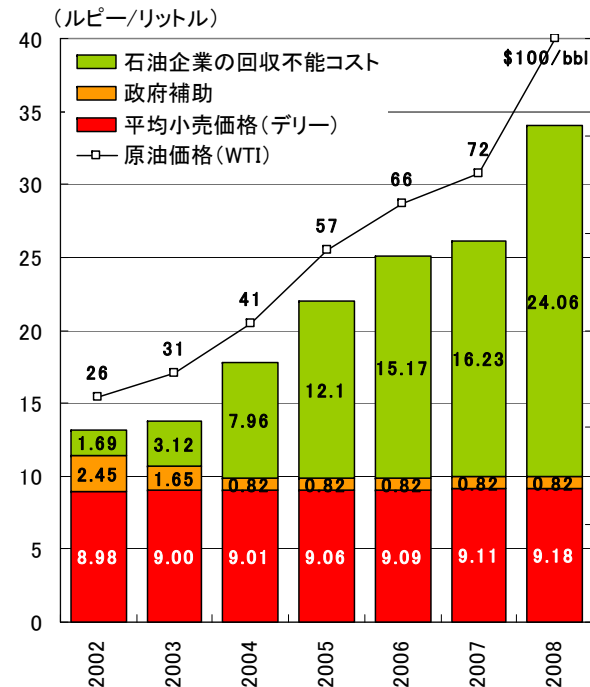
- エネルギーの輸入拡大や価格高騰に伴い、そのコスト負担が増している。
 - 社会政策の観点から、小売料金の値上げが困難。

エネルギーの輸入コスト



(出所)BP「Statistical Review of World Energy June 2009」より試算
GDPはエネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」より

灯油に対する価格補助

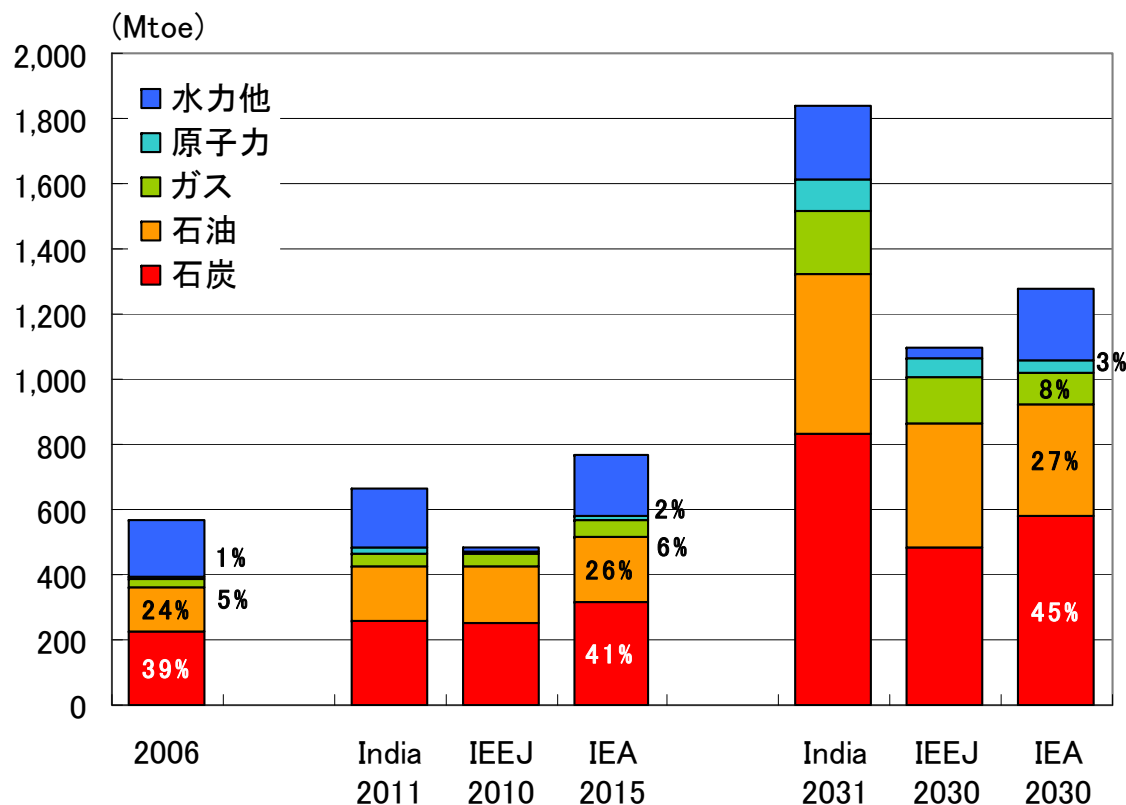


(出所)PPAC

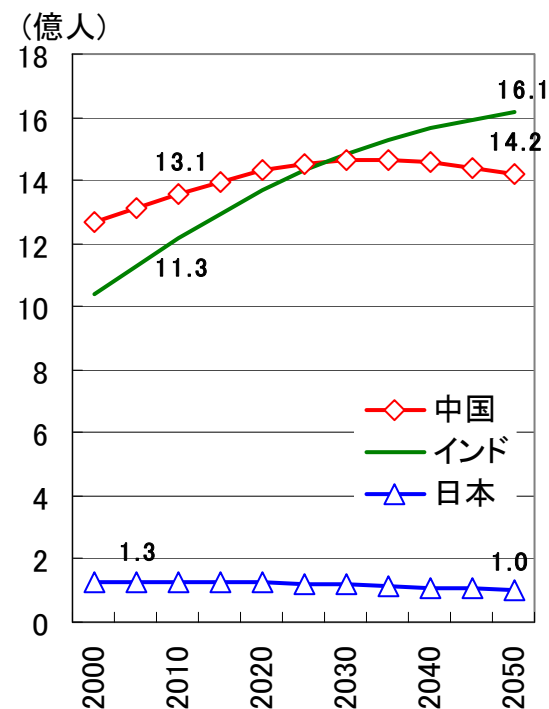
エネルギー消費の見通し①

- エネルギー消費は3.5%/年(IEA)で増加する見通し。
特に原子力の伸び(8.8%/年)が顕著。

一次エネルギー消費見通しの比較



参考)人口の見通し



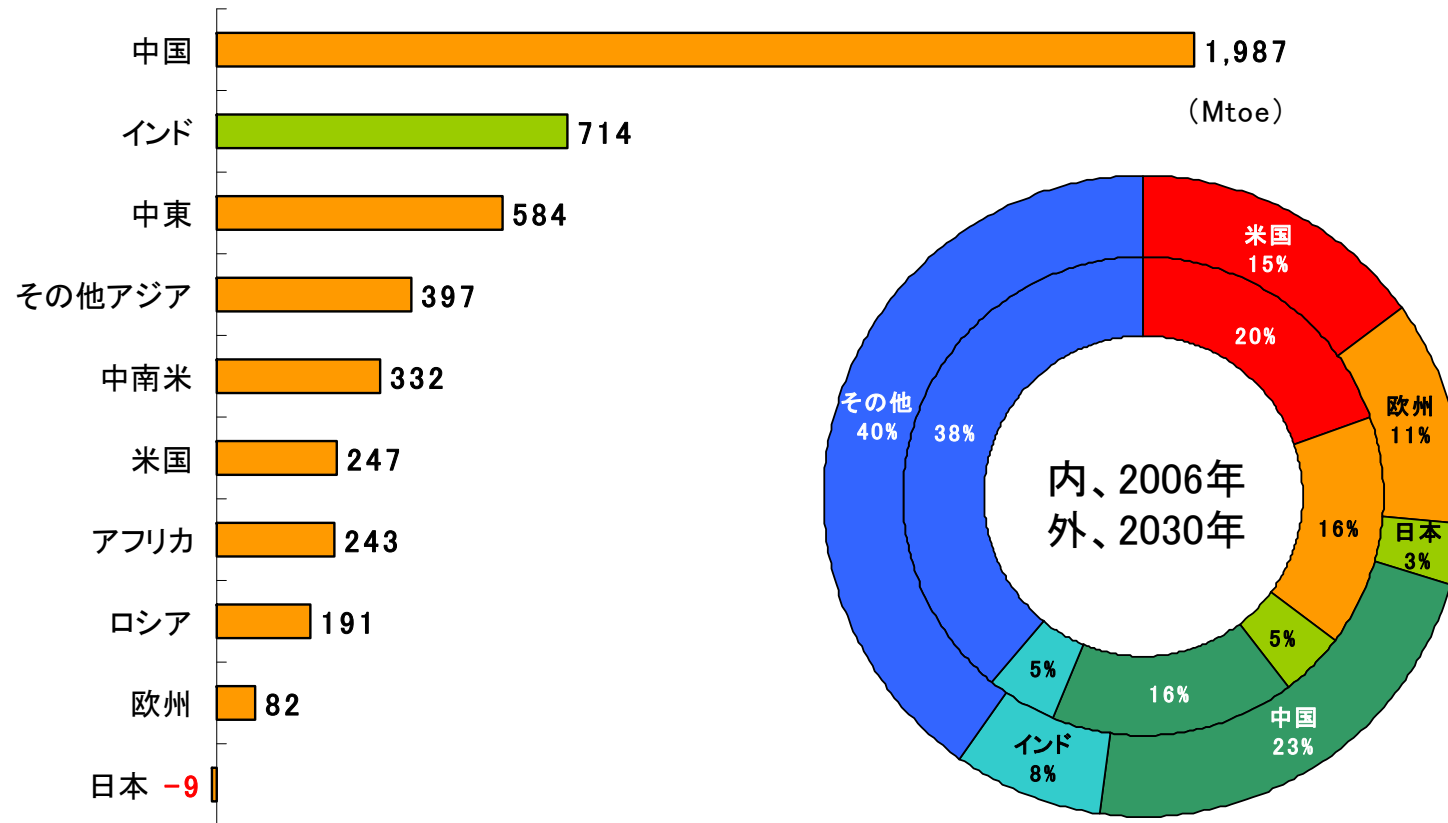
(出所) UN, World population Prospects 2008 revision 中位ケース

(出所) インド政府 Planning Commission 「Integrated Energy Policy」 2006.8, GDP成長率8%、非商業用エネルギーを含む
IEA「World Energy Outlook 2008」, reference scenario、2006年実績もIEAによる。
IEEJ「アジア/世界エネルギーアウトルック2007」

エネルギー消費の見通し②

- 世界のエネルギー需要に占めるインドの位置付けは、今後も増していく見通し。

一次エネルギー消費の伸び(2006-2030年)



(出所)IEA「World Energy Outlook 2008」reference scenario

エネルギー需給のまとめ

- 経済成長によりエネルギー需要が増加。
 - 電源開発の遅れと、慢性的な電力供給不足。
 - 消費効率は国際水準に比べて劣位にある。
 - CO₂排出量が急激に増加。公害も深刻化。
 - 化石燃料の輸入依存度が高まり、コスト負担が増加。

- エネルギー安全保障に対する関心の高まり。

- 安定供給
- 合理的な価格
- 持続可能性

供給の確保と需要の抑制、
クリーンなエネルギー利用が必要。

解決に向けた取組を強化。

原子力発電

新エネ

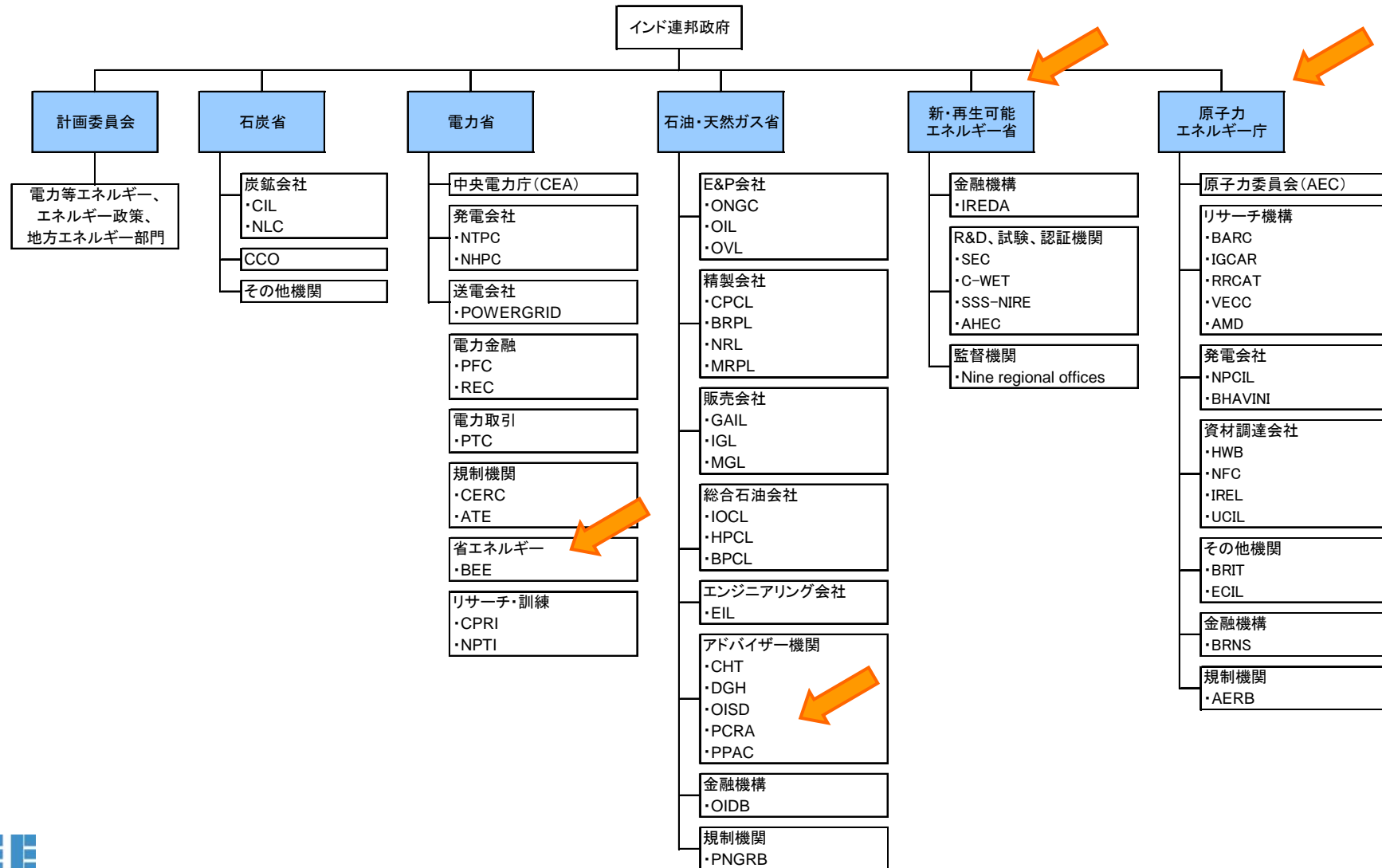
省エネ

■ エネルギー政策

(原子力、新エネ、省エネへの取組)

エネルギー政策担当機関

■ エネルギー別に細分化された組織。



第11次5カ年計画(2007-2011)

- 供給力の強化とともに、省エネ、新エネも重点課題に。
 - 電源の開発と州の配電部門の改革。
 - 石炭の増産、輸入炭増加に必要なインフラ整備。
 - 探鉱の強化と海外石油開発権益の取得、LNG輸入の増加、石油製品価格設定の合理化。
 - エネルギー部門の構造改革・規制緩和の実施。
 - 需要サイドの管理による省エネルギー。
 - 新・再生可能エネルギーの導入促進による、供給セキュリティ向上、地方の生活水準向上、環境負荷低減への貢献。
- 技術開発
 - 省エネ・供給拡大・環境対策
- 統合的な政策

省別予算

(100万ルピー)

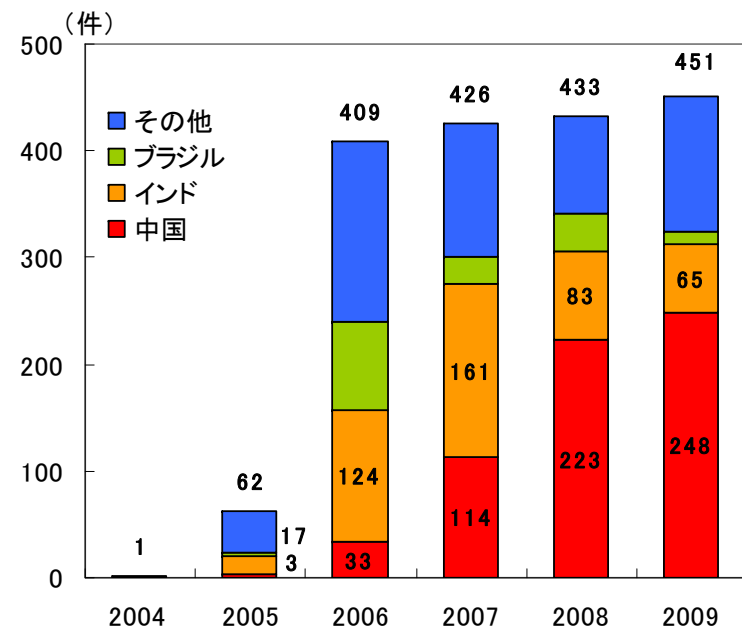
	2008年度	2009年度	増減
石炭省	68,970	56,740	-17.7%
石油・天然ガス省	465,650	575,010	23.5%
電力省	404,600	531,260	31.3%
原子力エネルギー庁	59,200	62,770	6.0%
新・再生可能エネルギー省	12,670	13,470	6.3%

(出所) Ministry of Finance, Union Budget 2009-2010

気候変動問題に関する行動計画

- 「経済発展」と「気候変動問題への対処」の同時達成を目指す、8つのミッションを策定(2008.6)
 - 太陽光・熱(未電化地域への電力供給など)
 - エネルギー利用効率改善(産業部門の省エネなど)
 - 持続可能な住環境(建築物のエネルギー効率改善、廃棄物リサイクル、公共交通機関へのシフトなど)
 - 水資源(水の利用効率の改善)
 - ヒマラヤの生態系維持
 - 森林保全(植林の推進)
 - 持続可能な農業
(耐候性品種の開発、生産拡大)
 - 気候変動情報
(情報収集と社会経済への影響評価)

参考)登録済みCDM件数(2009.8.24時点)



(出所)京都メカニズム情報プラットフォームより作成 20

電力政策

- 中央政府系(4社)、州政府系(109社)、民間(60社)に大別
 - 中央:大規模発電(石炭、水力、原子力)、基幹送電。
 - 州電力庁:発電の60%、配電の90%を管理。
- 2005年 全国電力政策
 - 全家庭の電力化、供給不足の解消が重要な政策目標。
- 不合理な料金制度
 - 小売料金は、州の政策に大きく依存。
 - 州電力庁の経営を圧迫し、設備投資や省エネ、新エネ導入の阻害要因に。

需要家別の電力料金較差

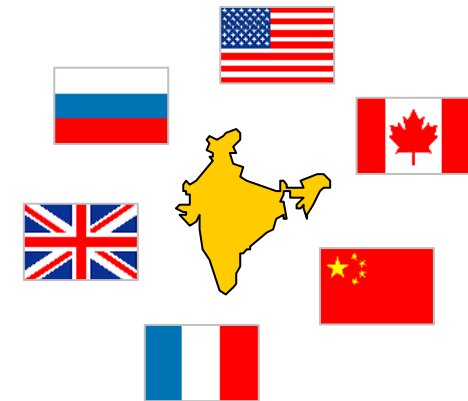
(ルピー/kWh)

	最高		最低	
家庭用	5.8870	グジャラート州	0.3180	ビハール州
業務用	9.6998	ケララ州	0.3286	ビハール州
農業用	3.2754	グジャラート州	0.0000	パンジャブ州
産業用(小規模)	5.6000	デリー	1.5700	ジャンムー・カシ米尔州
産業用(中規模)	6.9241	マハラシュトラ州	1.5700	ジャンムー・カシ米尔州
産業用(11kV)	5.9305	グジャラート州	0.7135	ミゾラム州
産業用(33kV)	5.9240	グジャラート州	0.7135	ミゾラム州
電力多消費産業	4.5013	ヒマーチャル・プラデーシュ州	1.3554	ダマン・ディーウ
鉄道	5.7600	デリー	2.8050	ビハール州

(出所) Central Electricity Authority

原子力政策①

- 原子力公社(NPCIL)が建設・運転を独占管理。
 - 開発政策
 - 1947年の建国当初から研究開発推進。
 - 1968年核拡散防止条約(NPT)への署名拒否、1974年の核実験実施により単独開発路線へ。(ロシアは別)
 - 稼動17基中、国産重水炉が13基。(2009.7時点)
 - 先進国と比べ単基出力が小さい:160~540MW
 - 2005年7月、米印共同声明。
 - 2008年9月、米印原子力協定に調印。
 - この他に露、仏、中国と協定締結。
 - 英、加が協議中。
- ▼
- 海外の技術による軽水炉導入計画が具体化。



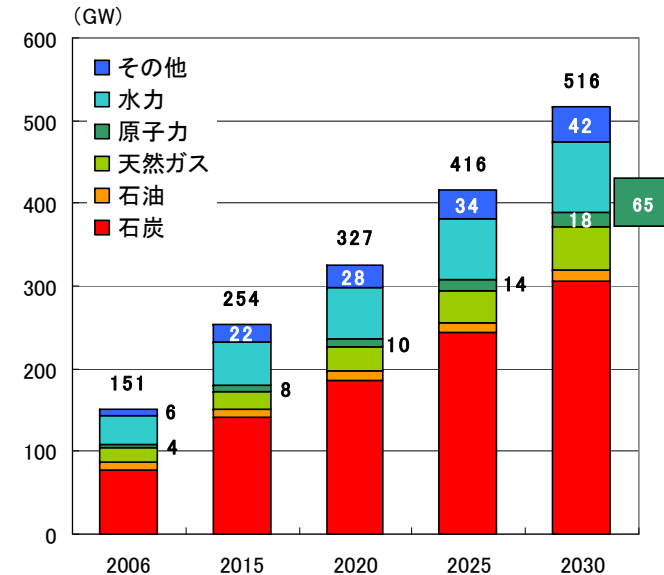
原子力政策②

- 開発計画 (2009.1.1時点)
 - 運転中 4.12GW(17基)
 - 建設中 3.16GW(6基)
 - 計画中 6.80GW(8基)

- 開発方針
 - 海外技術による軽水炉導入と、自国での高速増殖炉開発の組み合わせにより、長期的な電力需要に対応。
 - 2050年までに電力需給をバランスさせる。

- 導入目標の変遷
 - 2002年、原子力庁(DAE)、「2020年までに設備容量を20GWとする」
 - 2005年、シン首相は米印原子力協定合意を受け、「2020年までに設備容量を40GWとする」
 - 2008年7月、DAE、「2020年までに海外より40GWの軽水炉技術導入」
 - 2009年1月、「2030年までに設備容量を63GWとする」

電源構成の見通し



(出所)IEA, World Energy outlook 2008

原子力政策③

- 導入にあたっての課題
 - 海外からの投資を呼び込めるだけの、持続的な経済成長
 - 送電線、水道、港湾設備、道路などのインフラ整備
 - プラント建設・運転技術と人材育成
 - 2008年、インドの原子力設備利用率は31カ国中最下位
 - ウラン燃料の供給確保
 - 2000年以降、燃料不足によりしばしば停止

- 日本政府及び企業の対インド政策及び戦略
 - 政府間協力協定締結には外交課題あり(核不拡散問題)
 - 引き続きNPT加盟及びIAEA追加議定書署名の呼びかけ。
 - 米国、露、仏等が協力協定締結済みの中、日本企業は？
 - 当面は、提携先企業を通じた間接的な市場参入か。

新・再生可能エネ、省エネ政策

新・再生可能エネルギー

- 大きな導入ポテンシャル。
- 導入目標:2022年に54GW(太陽光除く)。太陽光は2020年に20GW
- 外資による投資優遇や、財政支援、再生可能エネルギーの買取義務など、様々な導入促進策を実施。


▶▶ 報告 第2部

省エネルギー

- 大きな省エネルギーポテンシャル
- 目標:2015年までに年5%の省エネ(年1億トンのCO2削減効果)
- エネルギー効率局(BEE)主導のもと、産業部門(特定消費者)の省エネルギーや、ラベリング制度などの取組を実施。

▶▶ 報告 第3部

エネルギー政策のまとめ

- 拡大し続けるエネルギー需要への対処。
 - 省エネルギーの推進による需要の抑制。
 - 原子力発電や新・再生可能エネルギーの導入による供給の拡大。
 - 価格制度の見直しによる、投資の拡大と需要の抑制。
 - 貧困対策、地方の生活水準向上。
 - 分散型の新・再生可能エネルギーによる地方へのエネルギー供給。
 - 投資拡大、需要抑制の観点からは、価格制度の見直し(=値上げ)が必要だが...
 - 気候変動問題への対応。
 - 原子力発電や新・再生可能エネルギーの導入、省エネルギーの推進。
- 
- 中長期的には、原子力発電や新・再生可能エネルギーの導入、省エネルギーが重要な意味を持つ。

参考:概況(1)

- 国名 :インド共和国
- 人口 :11.69億人 (2007年央)
- 世帯数 :1億8,820万世帯(2001年)
- 国土面積 :329万km²
- 首都 :ニュー・デリー
- 民族 :インド系(72%)、ドラヴィダ系(25%)他
- 宗教 :ヒンズー教(80%)、イスラム教(14%)他
- 国家元首 :プラティバ・デヴィシン・パティル大統領
- 首相 :マンモハン・シン
- GDP総額 :1兆1,398億ドル (2007年)
- 一人当りGDP:975ドル (2007年)
- GDP成長率 :9.3% (2007年)

(参考)中国
人口:13.3億人
面積:960万km²
GDP:4兆2,992億ドル
GDP/人:3,313ドル

参考:概況(2)

- 石油資源 : 55億バレル[世界の0.4%] (2007年末)
- ガス資源 : 1.06兆m³[同0.6%] (2007年末)
- 石炭資源 : 565億トン[同6.7%] (2007年末)
- 一次エネルギー供給量 : 5.65億TOE[同4.7%] (2006年)
- 一人当り一次エネルギー供給 : 0.51 TOE/人 (2006年)
- GDP当り一次エネルギー供給 : 0.80 TOE/千ドル (2006年)
- エネルギー起源CO₂排出量 : 12.6億t-CO₂[同4.6%] (2006年)
- エネルギーの輸入依存度 : 23.8% (2006年)
- 石油の輸入依存度 : 71.4% (2007年)
- 原油の中東依存度 : 75.3% (2007年)

(参考)中国
石油資源:155億バレル
ガス資源:1.88兆m³
石炭資源:1,145億トン
TPES:18.8億TOE
TPES/人:1.43トン/人

研究報告討論会

(第2部)

インドにおける新・再生可能エネルギー 政策と太陽光発電

2009年9月14日(月)

(財)日本エネルギー経済研究所

戦略・産業ユニット

八木 俊晴

報告内容

- ① 新・再生可能エネルギー政策
- ② 太陽光発電
- ③ まとめと課題

新・再生可能エネルギーのポテンシャル

- 潜在的な資源量が、豊富にそして多様に存在している。
- 太陽光を除き約8,450万kWの発電能力に相当する。
- 風力と小水力の潜在資源量は、手堅い評価

エネルギー	状況	潜在資源量
バイオマス	農業残渣物:米、小麦、トウモロコシ、砂糖きび、ココナッツ、綿、油糧作物、豆類、シュート	郡レベルで資源評価 廃棄物:5億トン(推定) 相当する発電設備:1,688万kW
	都市ごみ	期間ごとに推定 2012年:約21万トン(365万kWe)
風力	3月から8月は東海岸を除き半島が強風 5月から6月に南西モンスーン 10月に北東モンスーン	風力資源プログラムにより科学的に評価 陸上風力発電資源量 :4,519万kW 技術的開発可能量 :1,288万KW
太陽	年間250~300日が晴天日	相当発電容量を政府は公表していない。 太陽エネルギーセンターがデータを公表。 年間全天日射量:1,460~2,555kWh/m ²
小水力	南部に集中、北部は比較的乾燥も一部の山岳地帯に賦存	候補地: 5,403箇所 発電容量:1,500万kW

インドの新・再生可能エネルギーへの取り組み

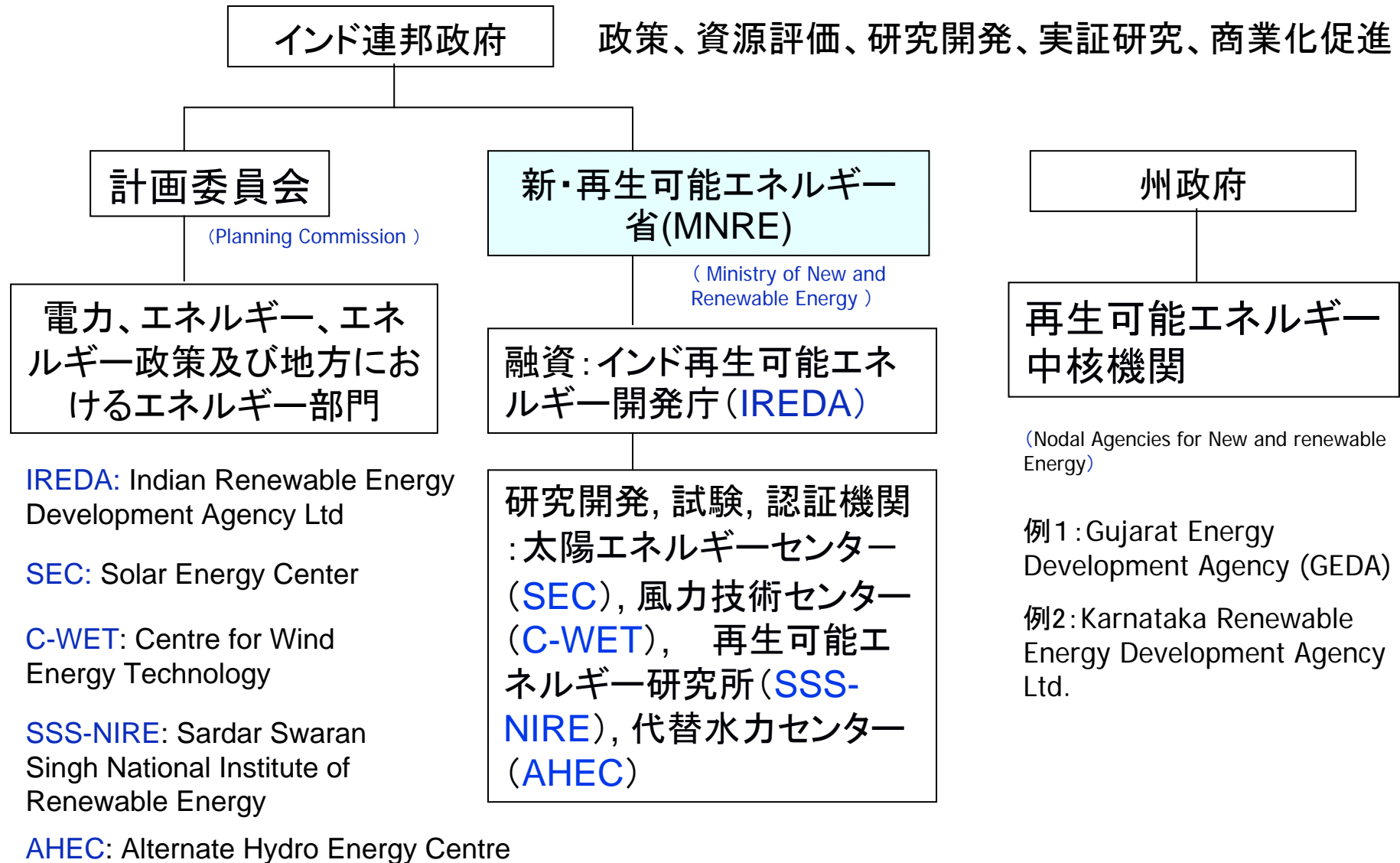
- 70年代の石油危機後、自給率向上策として新エネの重要性を認識
- エネルギー源の多様化及び国産のエネルギー選択肢拡大、非都市部での電化促進等の必要性から、長期的視野に立って推進
- 2032年に一次エネルギー消費に占める割合を5-6%にする目標

第11次5カ年計画(2007～2012年)

目標:新設の発電設備容量の20%に相当する1,450万kW

①グリッドと分散型の新・再生可能エネルギー発電	392.5億ルピー
②農村適合型の新・再生可能エネルギー	225.0億ルピー
③都市、工業と商業の適合型の新・再生可能エネルギー	68.5億ルピー
④新・再生可能エネルギーの研究、設計および開発	150.0億ルピー
⑤支援プログラム	210.0億ルピー
合計	1,046.0億ルピー

新・再生可能エネルギー政策に係る政府機関



新エネルギー導入促進策

- これまで、多様に存在する各エネルギー源の特徴を踏まえ、種類の導入促進策が取られてきており、第11次5ヵ年計画においても継続して進められている。

第11次5ヵ年計画プログラム区分				
	①系統連系及びオフグリッド	①分散電源	②遠隔地用／村民用	③都市の産業・商業用&応用商品
太陽光発電	A)FITインセンティブによるメガワットソーラー発電所の実証(経済性分析)		独立系システム(発電所)による電化及びSHS・ランタンの購入補助	自治体の導入支援(Solar city)、 B)ルーフトップ／街路灯など独立形システム導入
太陽熱利用	FITインセンティブによる太陽熱発電所の実証(経済性分析)			自治体の導入支援(Solar City)、省エネ建築推進手段としての利用(Solar Building)、 温水・熱・蒸気利用(民生、ビル、工場)
風力発電	税制優遇、(FIT)、融資による民間投資ウインドファーム、商業ベースにないウインドファームの導入補助(官主体)、風況調査	小型風力エネルギー及びハイブリッドシステム(揚水)		
小水力発電	系統連系発電事業(初期投資補助)、水車製粉機の開発及び増強に補助		電化、村落総合エネルギー供給試験事業	
バイオマス	初期投資補助、(FIT)、税制優遇、融資による系統連系発電及び熱電併給事業	バガス以外の産業/熱電併給、オフグリッド電化地域における需要増対応(ガス化)、MWクラスガス化後100%生産ガス発電	電化(ガス化システム)、バイオガスファヤー及びガスエンジンの実証、村落総合エネルギー供給試験事業	バガス以外の産業/熱電併給(再掲)
バイオガス		森林、地場産業及び台所ごみからのバイオガス発電	調理用・照明用ガス供給、村落総合エネルギー供給試験事業	
都市廃棄物	新技術の実証(嫌気性発酵、熱分解ガス化、埋立地ガス回収、ペレット化燃料)			

新・再生可能エネルギーの利用状況

系統連系形再生可能エネルギー電力利用

- 風力と小水力は、発電量インセンティブを利用し民間セクターが発電プラントを建設中。国産技術の商業化が進んでいる。
- バイオマスは、バガス発電及び農業残渣物による燃焼型プラントの導入が進む。
- 廃棄物発電は都市ごみの環境問題をドライブに、技術のデモが始まったところ。
- 太陽エネルギーはこれから本格的な導入が始まる。普及可能量は見積もられていないが、潜在量は年間5,000兆kWhと莫大

地方電化

電力省による電化対象外の村落(約9,000)は、再生可能エネルギー省が担当し、小水力、バイオマスガス化システム、バイオマスガスエンジン、PV発電所により電化し、これらの手段の実現可能性がない場合に、太陽光発電照明システム(ランタン、ソーラーホームシステム)を設置する。

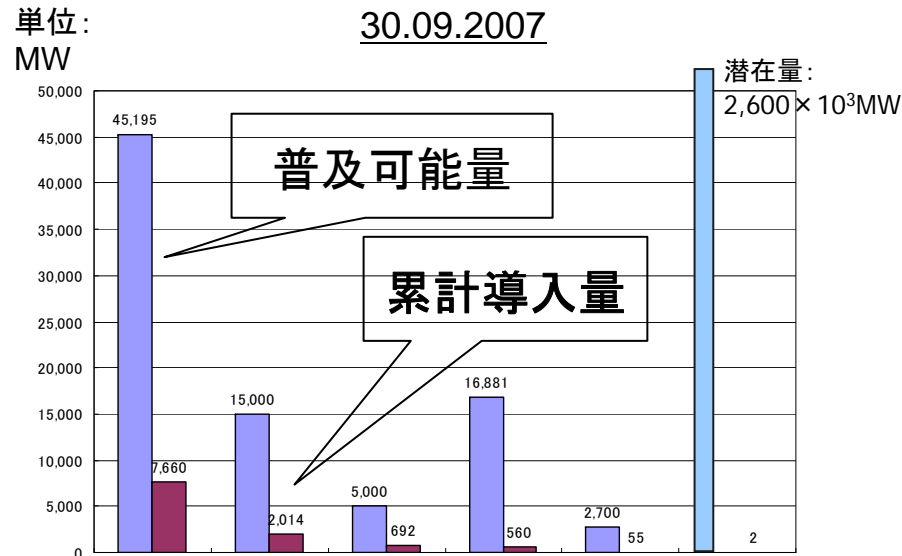
地方での応用

普及可能量1千2百万プラントに対してこれまで393万家庭タイプのバイオガスプラント(調理、照明)が設置されている。

都市部、産業&商業での応用

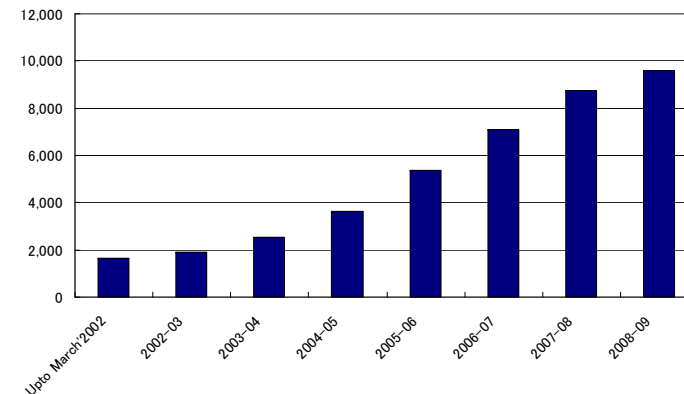
温水器、風力揚水ポンプ、エアロ発電機/ハイブリッドシステム、太陽光発電揚水ポンプのほか、屋根置太陽光発電系統連系システムなどが導入されている。

資源別推定普及可能量と累計導入量



風力発電累計導入量(2008年末現在)

	Upto March'2002	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
累計	1,667	1,909	2,524	3,636	5,352	7,094	8,757	9,587



インドの新・再生可能エネルギー利用例

- 照明、調理、熱利用、売電、コジェネ等幅広い利用



家族タイプバイオガスプラント



バイオガス化装置



ウインドファーム



ソーラー調理器



独立形
太陽光発電所



酪農場における
バイオガス発電所

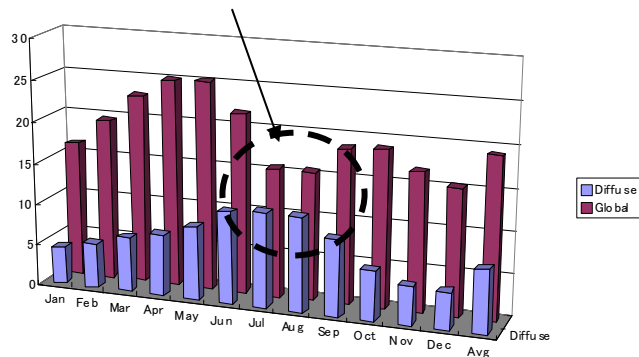
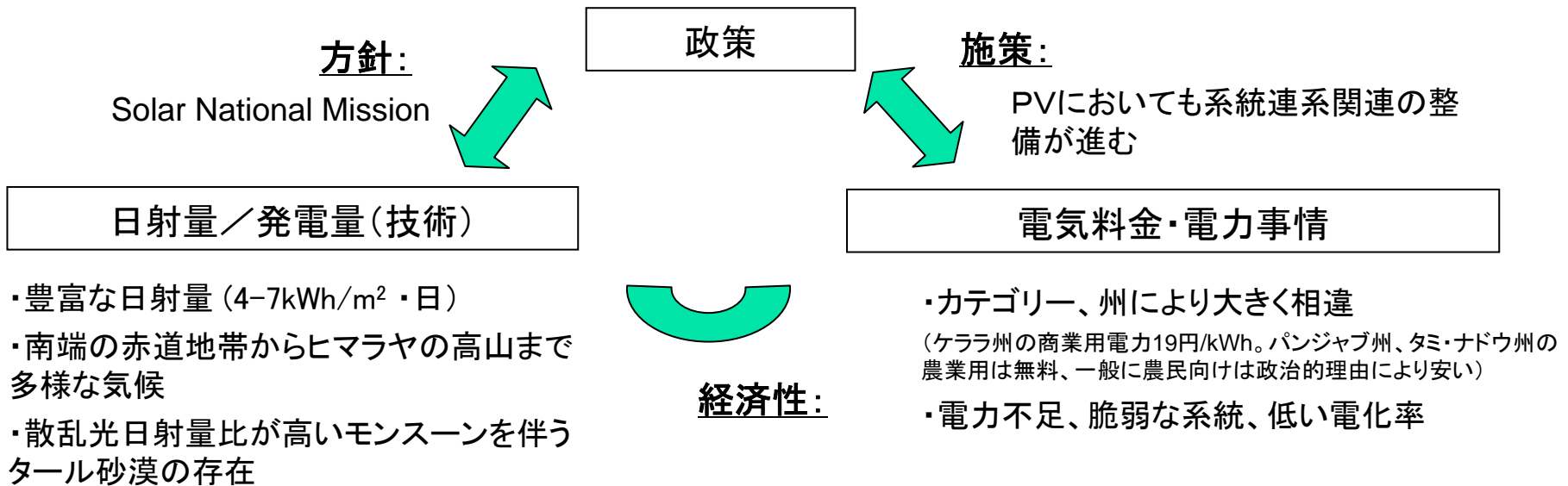
新エネ目標と達成可能性及び影響度

- インド政府による新エネ目標は、太陽光を除いて2022年に5,400万kWの設備能力達成
- 商業化域にある風力及び小水力について手堅く資源評価しており、これらが目標の大半を占めているため目標の達成は十分可能
- 目標が達成されると、2020年の一次エネルギー消費の1.6%、同電力需要の14.5%に相当する(IEAの見通しに対して)。
- また現在、首相に諮問中(※1)である太陽光の目標値2,000万kWが承認され、実現すると、2020年のIEA電源設備見通しの6%を相当することになる。

(※1) 太陽エネルギーに関する特別委員会 (National Solar Mission)/気候変動に係る国家行動計画2008

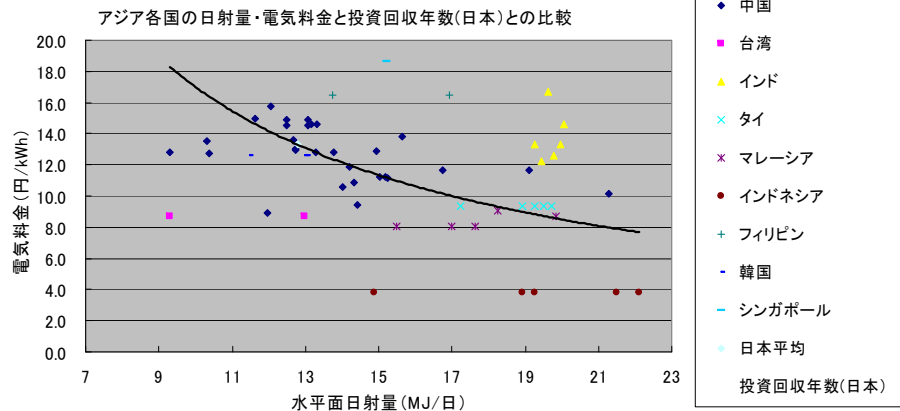
太陽光発電系統連系システムの導入環境

- 新・再生可能エネルギー技術の開発、実証及び導入普及への取組に積極的
- 統一された電化政策のもと再生可能エネルギー技術の利用を図っている。
- 恒常的な電力不足を背景にエネルギーセキュリティ対策上、再生可能エネルギーの系統連系に積極的
- 「気候変動に関する国家行動計画」が発表されこれまで以上に太陽光に係る政策強化が図られつつある。



全日射量と散乱日射量(Ahmadabad)の比較

出所: SECソーラーエナジーハンドブック



アジア各国の日射量・電気料金と投資回収年数(日本)との比較

出所: エネ研試算

メガソーラー発電所の実証開発事業

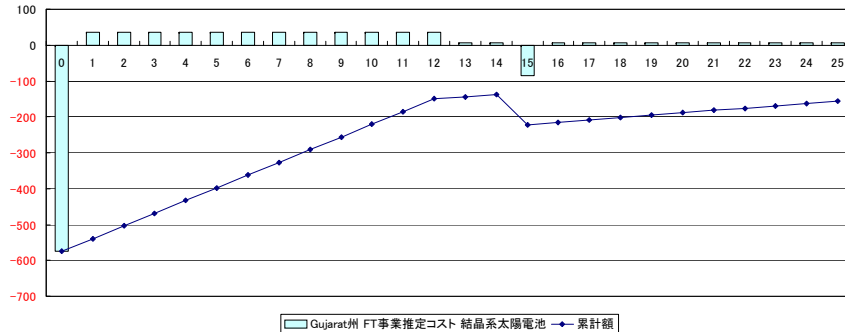
新・再生可能エネルギー省(MNRE)は、大規模な系統連系形太陽光発電所の導入促進を目指し、「発電補助インセンティブ(Generation Based Incentive(GBI))」によるガイドラインを2008年1月に示し、経済性を検証する実証開発事業を開始した。

項目	内容
対象者	国内・外国資本の上場企業、中央 or 州の発電事業者及び民間 or 公共部門における太陽光発電プロジェクト開発者
規模	1サイト1MW以上、事業実施者5MWまで、州の累計10MWまで、プログラム上限「第11次5カ年計画」期間内(2007年～2012年)に50MWまで
事業性格	設置(Build)、所有(own)、運営(operate)が一体であること(BOOベース)自家発電設備の系統連系や、自家発電としての利用は対象外。
インセンティブ	Rs.12/kWh上限×10年間(2009/12/31まで運開) Rs.11.4/kWh上限×10年間(2009/12/31以降の運開)
その他	・10年以降は発電事業者による電力購入は継続する。 ・加速減価償却は不適用

メガソーラー発電所の経済性検討

■ Gujarat州発電量インセンティブ及びNEDOのFT事業からの推定コストでは、IRRがマイナス。ドイツのインセンティブを日射量が70%多い本サイトに適用するとIRRは11%

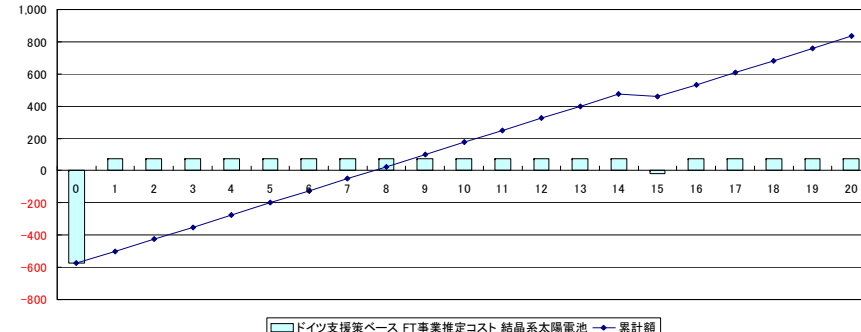
1. Gujarat州支援策、NEDOのFT事業データからのコスト推定



12年間: 13Rs/kWh、13年間: 3Rs/kWh
 初期投資額: 574百万円
 太陽電池モジュールコスト: 374円/Wp
 インバータ: 91円/Wp
 保守管理費: 0.68百万円
 借地費: 0.72百万円
 年間日射量: 2,128kWh(25度設置角)
 年間発電量: 1,444,273kWh

IRR: -3.91%

2. ドイツ支援策、NEDOのFT事業データからのコスト推定



20年間: 0.4€/kWh
 初期投資額: 574百万円
 太陽電池モジュールコスト: 374円/Wp
 インバータ: 91円/Wp
 保守管理費: 0.68百万円
 借地費: 0.72百万円
 年間日射量: 2,128kWh(25度設置角)
 年間発電量: 1,444,273kWh

IRR: 11.03%

まとめと課題

1. 新・再生可能エネルギーの導入普及促進策等

- 長い歴史と豊富な経験、敬服すべき継続性
- 広い対象（エネルギー資源、使用者、製造者、投資家、開発者、様々なシステム）
- 多様な支援策（初期コスト支援／補助金、融資、税制優遇（関税免除、付加価値税減免、減価償却の加速）、売買電支援／買取価格補助）
- 内外の関心が高いメガソーラー発電システム導入促進策、ルーフトップ系統連系システム導入策の導入
- 課題1: 太陽エネルギーに係る適切な制度設計（買い取り価格と期間）

2. ビジネス機会と国際協力

- 国内市場を背景に世界的企業が育っている風力発電、小水力発電及びバイオマス・バイオガスフィケーション発電分野への参入は困難か。
- 市場が立ち上がる太陽光発電系統連系システムにチャンス
- 技術開発が進んでいる日本の民間企業の参入、技術導入を歓迎
- 課題2: 労務管理、複雑な税体系及びインフラの未整備
- 課題3: 人材格差。対応例: 製造、施工等の技能者、労働者等の現場教育
- 課題4: 投資や参入を可能にする業界の経済力不足。対応例: 国際融資

第45回研究報告討論会

(第3部)

インドの省エネルギー政策

2009年9月14日(月)

(財)日本エネルギー経済研究所
戦略・産業ユニット
本蔵 満

報告内容

- インドにおける省エネの位置づけ
- インドのエネルギー効率の実態
- インドの省エネ政策
- インド省エネに対する国際協力
- インド省エネ推進上の問題点
- 最後に

インドにおける省エネの位置づけ

「総合エネルギー政策」のエネルギー安全保障政策（2006年8月）

1) エネルギー需要の抑制・・・エネルギー安全保障政策のトップ

認識:このまま増大していくエネルギー需要に対して、これに見合う供給を確保することは困難

石炭発電所の効率向上、貨物の鉄道シフト、公共交通機関の利用、需要マネジメントなど

2) 国内エネルギー資源の活用

バイオ燃料など

3) 供給ソースの多様化

パイプラインガス輸入、LNG輸入、隣国からの電力輸入など

4) 新エネルギー資源の開発

原子力、CBM、GTL、風力、太陽光、バイオマス燃料等の開発など

（新エネではないが、海外の石油・ガス権益獲得もこの分野に位置づけている）

5) 供給中断、途絶への対応力強化

戦略備蓄など

6) 輸入エネルギーの可能性拡大

外貨準備の強化など

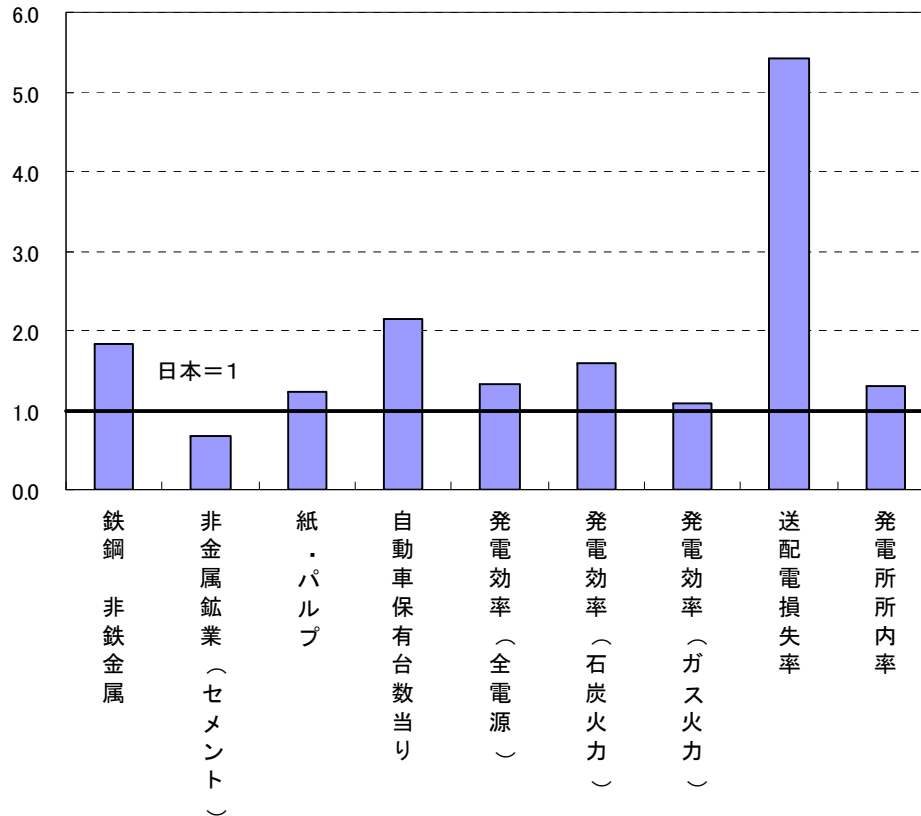
「国家気候変動行動計画」（2008年6月）

8つのミッションの2番目が省エネ（1番目は太陽光）

「8月15日インド独立記念日のマンモハン・シン首相スピーチ」でも省エネの重要性が触れられている。

インドのエネルギー効率(日本との比較)

主な部門の比較(試算)



電力部門の省エネ可能性が高いと考えられる。

産業部門では鉄鋼の省エネ可能性が高いと考えられる。

(注)本グラフは、IEAエネルギーバランス表(2005年データ)および入手・比較可能な生産統計等をもとに試算したものである。IEAエネバラでは産業部門のガスおよび電力消費量が業種別にブレイクダウンされていないため、GDP付加価値をもとに、産業部門合計のガスおよび電力消費量を業種別に振り分けて試算した。したがって、他機関等による国際比較とは異なる結論となっている可能性もある。

インドのエネルギー効率(電力事情1)

インド電力部門の主な特徴

中央政府、州政府双方に電力事業がある

州電力事業の体制は州毎に異なる(垂直統合～アンバンドリング)

配電部門は主に州政府

主燃料は石炭(主に鉄道輸送)

インドの電力産業体制

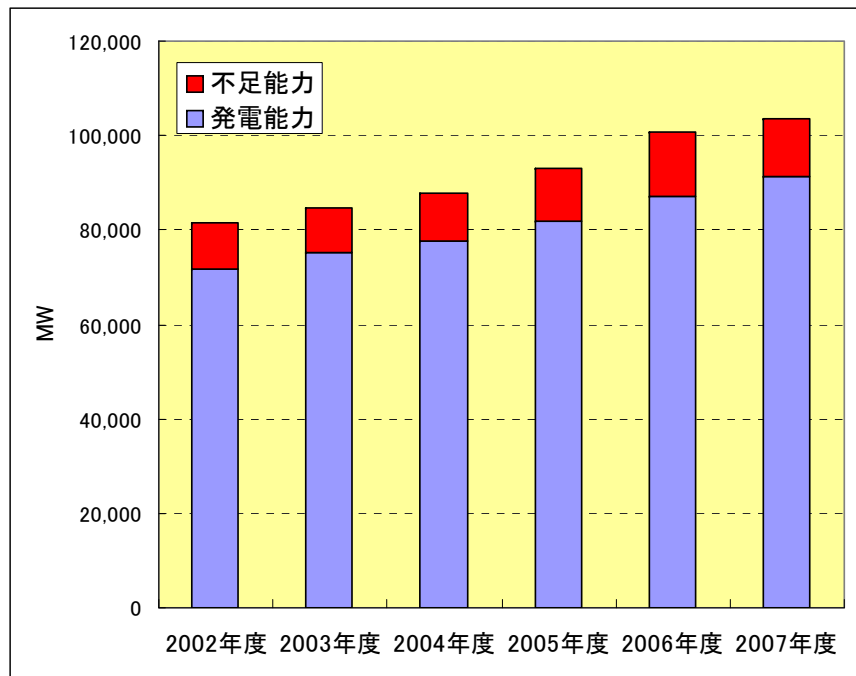
	中央政府	州政府	民間
発電	大規模火力 大規模水力 原子力	中小規模火力 中小規模水力	○
送電	○	○	-
配電	-	○	○

インド電力部門が抱える問題の多くは、州の電力事業に存在

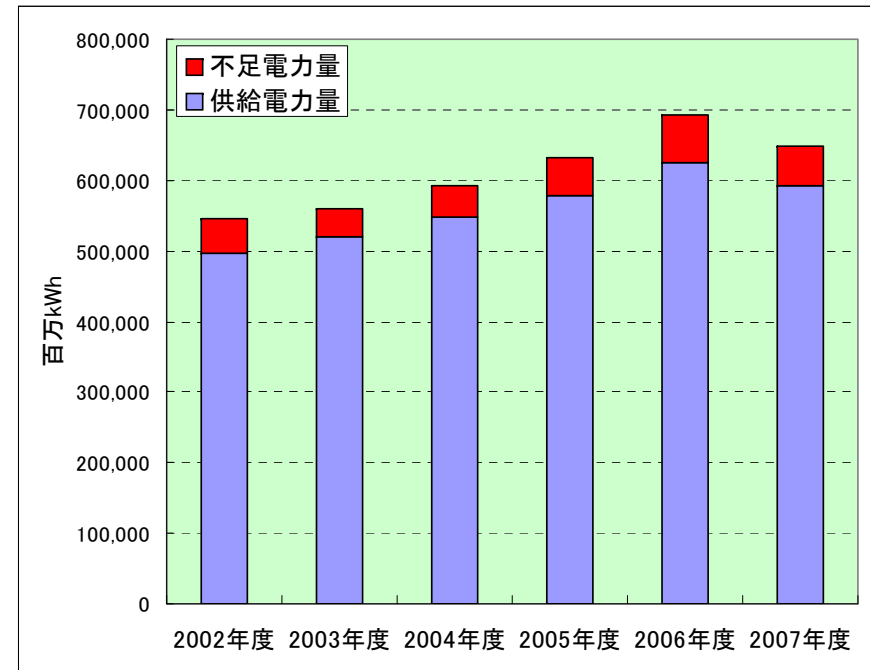
インドのエネルギー効率(電力事情2)

深刻な電力不足

ピーク発電能力の不足



発電電力量の不足



(出所)インド電力省中央電力庁資料より作成

ピーク電力および電力量ともに約1割不足

インドのエネルギー効率(石炭輸送)

- ・インドの産炭地は東部～中央部
石炭火力は全国に分布(内陸含む)
鉄道輸送がメイン
- ・インド国内産一般炭は灰分が多い
原炭で40～50% (輸入豪州一般炭は10%前後)
- ・灰分34%規制(2002年6月から)
発電所が炭鉱から1,000kmを超える場合等
しかし、選炭能力が不足

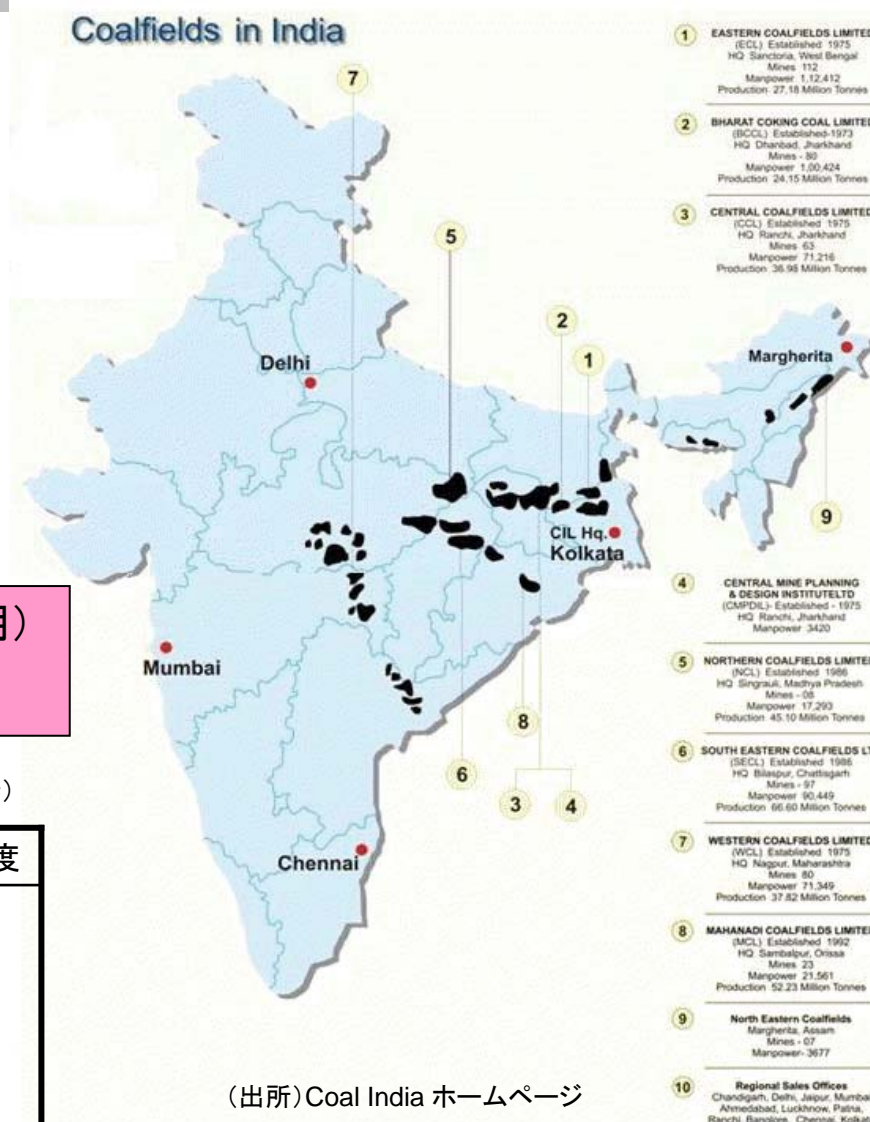
鉄道貨物輸送の約4割が石炭(うち約7割が発電用)
→燃料にならない灰分を大量に輸送

(参考)発電所向け輸送距離別石炭需要実績・見込み (百万トン)

距離	1996年度	2001年度	2006年度	2011年度
坑口	70	89	99	155
～500km	54	51	55	70
500～1,000km	35	30	43	60
1,000km～	55	95	148	216
計	214	265	345	501

(出所)TERI資料

電力省ヒアリングでは、平均輸送距離は約2,000km

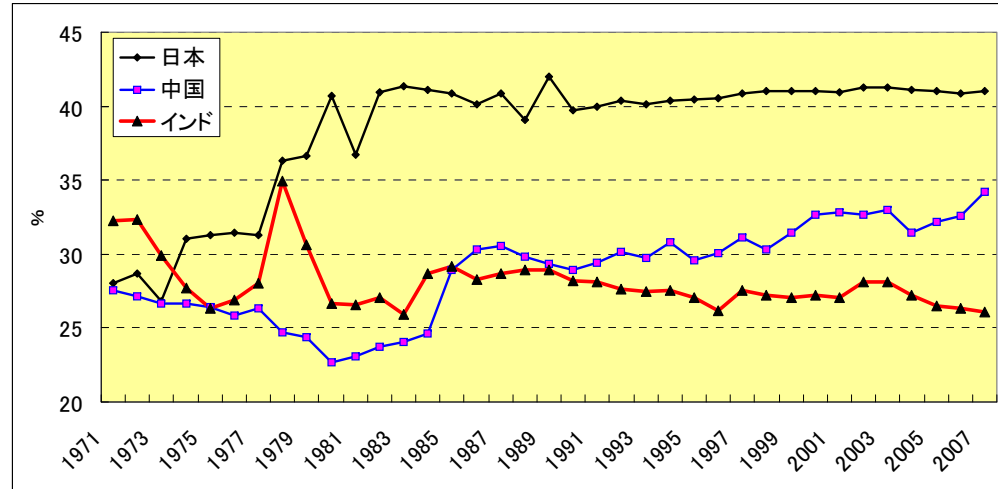


インドのエネルギー効率(発電)

石炭火力発電の効率比較

(電力事業者)

使用している石炭の品質が異なるため単純な比較はできないが、日本と比較すると非常に悪い。

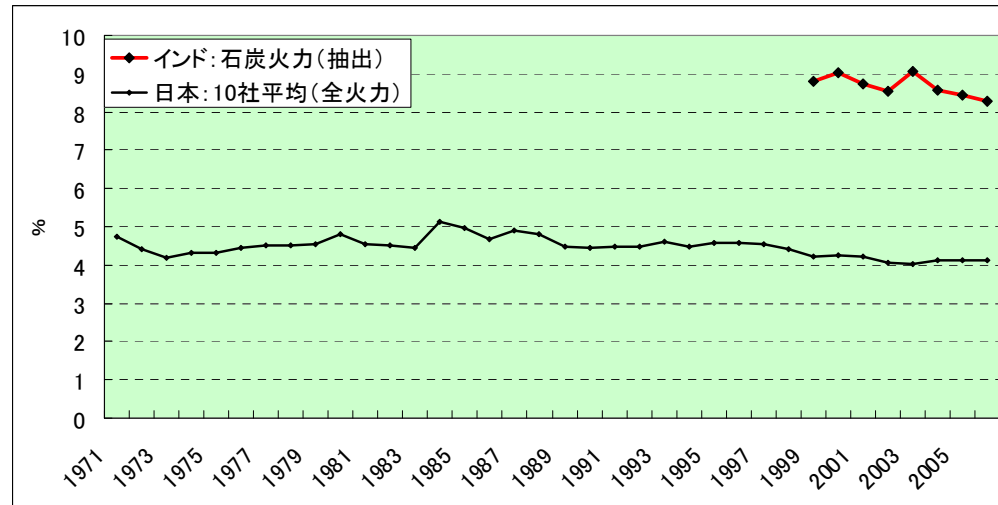


(出所)IEAエネルギーバランス表より作成

所内率の比較

比較のベースが異なるため単純な比較はできないが、日本と比較すると悪いものと考えられる。

インドの火力発電所の熱効率が低く、所内率が高いのは、熱効率管理や設備管理が徹底していないこと、20年以上経過した発電所が多いこと、小容量の発電所が多いこと、石炭の品質が低発熱量、高灰分であることが影響していると考えられる。



(出所)インド電力省資料、電気事業便覧より作成

インドのエネルギー効率(送配電1)

- インドの送電網は大きく5つに分かれている。
- 中央政府の送電会社(PowerGrid)が送電の約半分をカバー、残りは州の電力事業でカバーされている。
- インドは国土が広く、気温が高いため送電損失が大きくなる傾向がある。

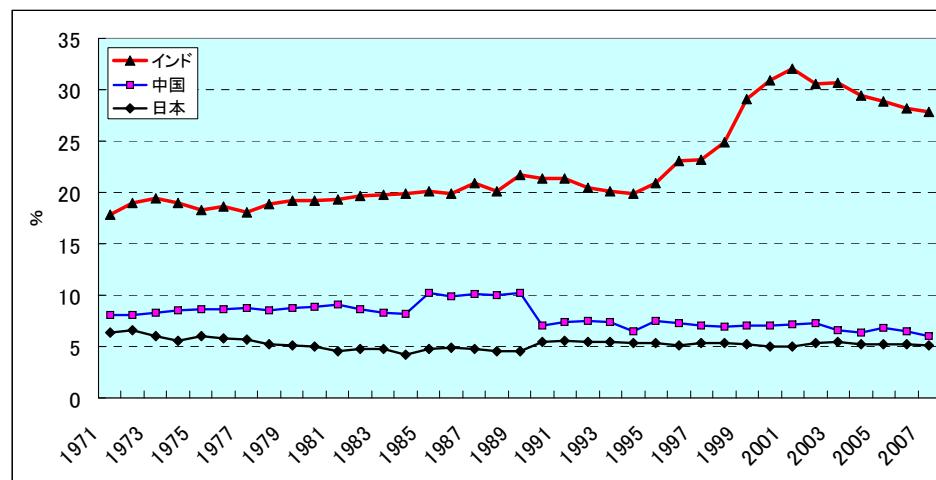


インドのエネルギー効率(送配電2)

送配電損失の比較

インドでは、下記にあるように、盗電やメーター不設置による電力供給等があるため、技術的な送配電損失のみを測定することは難しい。右図の送配電損失には技術的な送配電損失以外の要素が含まれていると考えられ、実際の技術的な送配電損失は右図よりも小さいものと考えられる。

国家気候変動行動計画(2008年6月)には、インドの送配電損失は**16-19%**と記載されている。



(出所) IEAエネルギーバランス表より作成

インドの技術的・商業的損失(AT&C Losses)

インドでは、配電部門において、盗電、計量誤差、メーター値改ざん、メーター不設置による電力供給、検針員の誤記や賄賂、請求金額の未回収といった問題も存在するため、技術的な送配電損失のみを計測することが難しい。

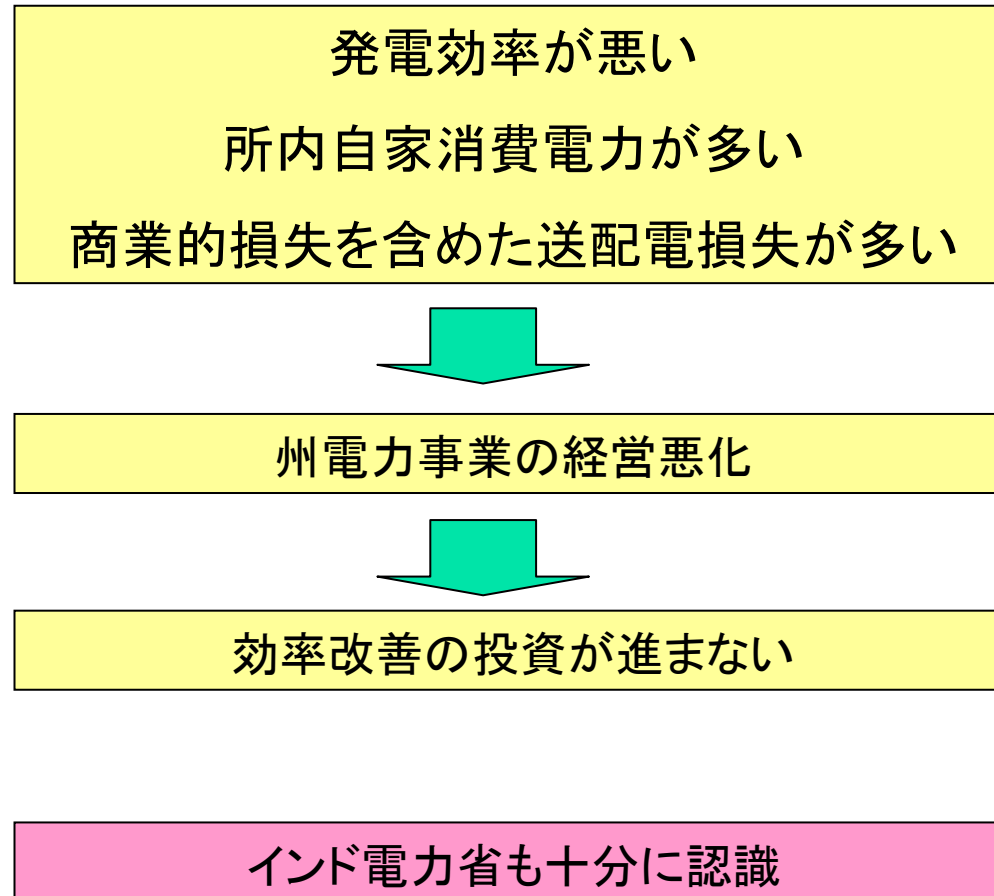
インドではこのような主に人的要因に起因する損失を**商業的損失**と呼んでおり、技術的な送配電損失に、商業的損失を加えて、技術的・商業的損失という指標を作っている(Aggregate Technical and Commercial Losses)。

技術的・商業的損失は**金額**ベースでの計算となっている。したがって、単純に送配電等損失率と技術的・商業的損失率を比較できない。

年度	インド合計
2002年度	36.64%
2003年度	34.90%
2004年度	34.33%
2005年度	34.34%

(出所) TERI

インドのエネルギー効率(電力まとめ)



インドのエネルギー効率(電力部門改善)

インド電力省は州電力事業改善のために様々なプログラムを実施
火力発電

近代化プログラムRenovation & Modernization Programme (R&M)

寿命延長プログラムLife Extension Programme (LE)

エネルギー診断を通じた効率改善

高パフォーマンス発電所による低パフォーマンス発電所の教育

電力供給加速プログラムAccelerated Generation and Supply Programme (AG&SP)

最新発電技術の導入

配電

電力リフォーム加速プログラムAccelerated Power Development and Reforms Programme
(APDRP)

→技術的・商業的損失を削減するために中央政府がインセンティブを提供

一定の成果を上げているが、歩みは遅い。

インドのエネルギー効率(鉄鋼)

インド高炉4社のエネルギー効率(2006年度)

会社名/プラント名	粗鋼生産量 (千トン)	エネルギー原単位 (Gcal/粗鋼トン)	エネルギー消費量 (千TOE)
SAIL/ BSP	4,799	6.82	3,273
SAIL/ DSP	1,869	7.07	1,321
SAIL/ RSP	1,990	7.98	1,588
SAIL/ BSL	4,067	7.09	2,884
SAIL/ISP	472	8.91	387
SAIL計	13,197	7.16	9,449
RINL	3,497	6.53	2,284
JSW (民間)	2,643	6.10	1,612
TSL (民間)	5,174	6.717	4,475
計	24,511	6.86	16,815

(出所) 鉄鋼省「Annual Report」、
JPC「Annual Statistics」より作成

(参考)インド鉄鋼産業

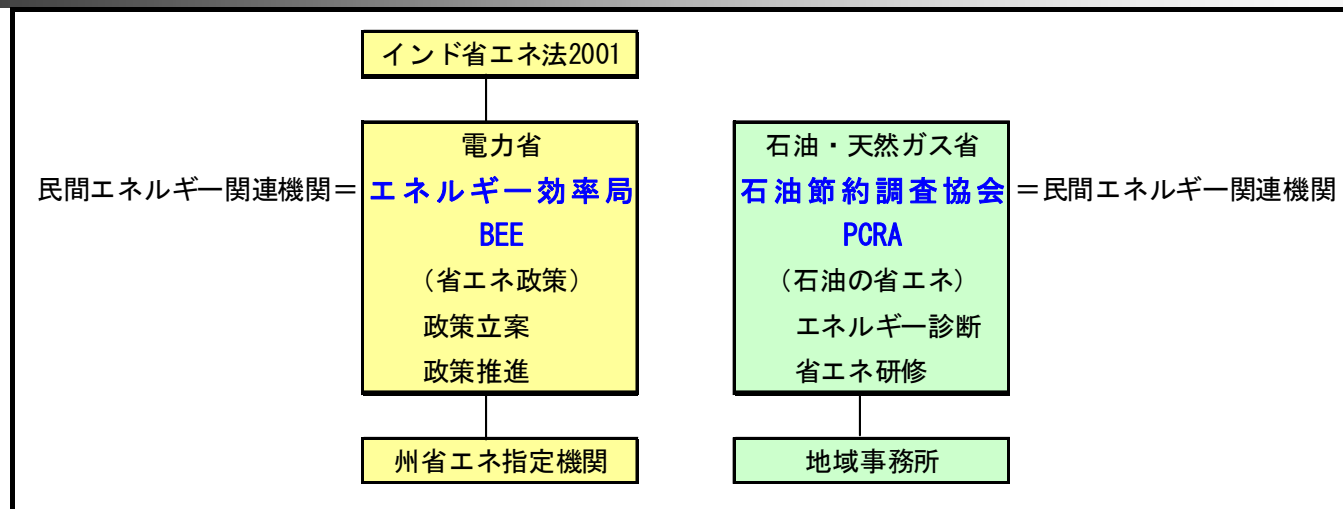
区分1	区分2	会社名
鉄鋼	メイン	Steel Authority of India Ltd. Rashtriya Ispat Nigam Ltd. TATA Steel Ltd.
	メジャー	JSW Steel Ltd. ESSAR Steel Ltd. Ispat Industries Ltd. Jindal Steel & power Ltd.
	その他	アーク炉 33 プラント 誘導炉 970 プラント MBF-ETF 2 プラント
海綿鉄	ガス	ESSAR Steel Ltd. Ispat Industries Ltd. Vikram Ispat Ltd.
	石炭	321 プラント

粗鋼生産量(2006年度) 50,817千トン
(世界第5位)

インド鉄鋼省: 世界基準は、4.5~5Gcal/粗鋼トン
インド目標は、5.5~6Gcal/粗鋼トン
(インドは原材料の品質が世界基準と比較すると劣るため)

インド目標が達成された場合の省エネポテンシャル: 333万TOE
(2006年度インド一次エネルギー供給量の0.8%)
(2006年度インド産業部門エネルギー消費量の3.3%)

インド省エネ政策(推進機関)



BEE (エネルギー効率局 Bureau of Energy Efficiency)

インド省エネ法2001に基づき、電力省に設置された政府組織
全エネルギーに関する省エネ政策、推進を管轄

問題点：専門家が数名しかいない。

PCRA (石油節約調査協会 Petroleum Conservation Research Association)

1978年に石油・天然ガス省が設立した政府機関

工場のエネルギー診断等、産業、輸送、民生部門で実践的な省エネを推進。
関連省庁や石油会社から人材を派遣。取り組みの詳細はスライド15を参照。

問題点：石油の省エネが中心。

インド省エネ政策（インド省エネ法）

インド省エネ法2001（Energy Conservation Act 2001）

（省エネを推進するための組織、権限、役割を定めた法律）

日本と比較すると、省エネ行政組織に重点が置かれている。

省エネは、まず、組織を作ってから。

インド省エネ法の主なポイント

1) 省エネ政策の立案・推進（全エネルギーが対象）機関として、電力省にエネルギー効率局（BEE）を設置

2) BEEの権限の明確化

3) 中央政府と州政府の権限の明確化

4) エネルギー多消費産業として、15業種を指定（別表で）

- ①アルミニウム、②肥料、③鉄鋼、④セメント、⑤紙パルプ、⑥塩化アルカリ、⑦製糖、⑧繊維、⑨化学製品、⑩鉄道輸送、⑪港湾会社、⑫輸送部門（産業およびサービス業）、⑬石油化学・石油精製、⑭発電所・送配電会社、⑮商業ビル・施設

具体的なアクションプランはBEEが作成

（政策策定には民間のエネルギー関連機関が協力）

インド省エネ政策 (BEEアクションプラン1)

1) インド産業の省エネルギー(一定規模以上の特定消費者9業種) →
エネルギー診断の義務付け、工場毎にエネルギー消費量報告義務

火力発電所、肥料、セメント、鉄鋼、アルカリ、アルミ、鉄道、繊維、紙パ

2) デマンド・サイド・マネジメント

農業部門、自治体を対象

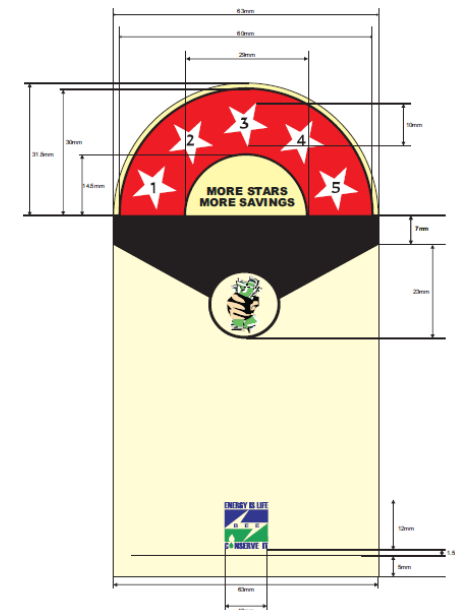
3) 省エネ基準及びラベリング・プログラム作成

現在、11種類機器の省エネ基準を公表

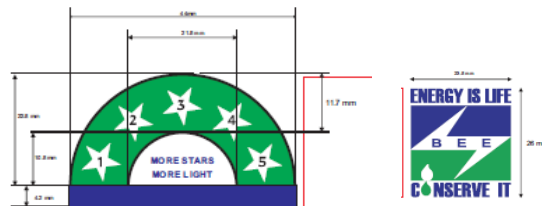
- ①霜取り不要冷蔵庫、②蛍光灯、③室内空調機、
- ④直接冷却冷蔵庫、⑤変圧器、⑥誘導モーター、
- ⑦農業用ポンプ、⑧天井扇風機、⑨LPガスストーブ
- ⑩据え置き型電気温水器、⑪カラーテレビ

大ラベル

Dimensions



小ラベル



インド省エネ政策 (BEEアクションプラン2)

- 4) 建物のエネルギー効率改善
オフィスビルの省エネランク制度



- 5) 省エネルギー建築法規作成
6) 専門家の資格認定
2004年からエネルギー管理士試験を開催
7) 省エネマニュアル作成
8) エネルギー効率向上のための政策研究
9) 学校での省エネ教育
小学4, 5年生を対象に絵画コンテストを毎年実施
10) エネルギー効率サービスの実施メカニズム推進 (例: ESCOビジネス)
37のESCO会社が登録、公表

2002年から、国家省エネ表彰 (National Energy Conservation Awards) を主催
(PCRAも協力)

インド省エネ政策(国家気候変動行動計画)

エネルギー効率改善ミッション

詳細文書は未

(2009年8月24日、マンモハン・シン首相承認)

2015年までに年5%の省エネ

(=年1億トンのCO₂削減効果)

参考: インドの2006年CO₂排出量は12.5億トン

4つのポイント

1) 省エネ証書、取引制度の創設

エネルギー多消費産業は、設定された省エネ目標を達成するために、省エネ証書(Energy Savings Certificates, 略称ESCerts)を購入できる。……インドの国内制度であり、国際的な排出権取引等とは関係なし

2) 省エネ機器への切り替え促進

CDM等を活用して、安価な省エネ機器を提供

3) 省エネ資金調達制度充実

ESCOビジネスの推進、融資制度など

4) 省エネ財政政策(エネルギー効率経済)

ベンチャーキャピタルファンド、インセンティブ提供、税制優遇など

インド省エネ政策 (PCRAの取り組み例)

部門	主な活動内容
産業	エネルギー診断、セミナー開催、需要家との会合、低圧バーナーの開発 (石油に限定したものではない) ベスト・エネルギー管理士表彰やベスト・ESCO表彰を主催
輸送	運転手のトレーニング、モデルデポ、モデルガレージ、排出ガスチェック、エンジン更新制度 →燃料消費量を20%削減するポテンシャルあり。
農業	非効率フットバルブの更新、灌漑ディーゼルポンプの修繕、農家に対する石油節約の教育、 (電動ポンプは含まれていない。電動ポンプは電力省の管轄) バイオディーゼル勉強会
民生	運転マナー改善教育、高効率の灯油・LPG機器の開発、バイオガス・太陽光温水の利用促進、 主婦を対象にした効率的な調理方法の教育 Tips: 調理方法改善で灯油、LPGを30%節約 材料を準備してから火をつける。圧力鍋を使用。適切な分量の水で煮炊き。 沸騰したら火を弱める。穀物は水に浸してから。浅く、広い鍋を使用。鍋には蓋をする。 小さなバーナーを使用。バーナーを掃除する。高性能コンロを使用。熱伝導の良い鍋を使用。 冷凍品は室温で解凍してから使用。家族一緒に食事をする。 Tips: 運転マナーの改善教育 時速45-55kmで走行すれば、時速80km走行比燃費40%改善 エンジンのメンテナンスを行えば、燃費6%改善 適切なギヤを選択すれば燃費20%改善

工場のエネルギー診断等は、民間のエネルギー関連機関が協力

インド省エネへの国際協力

主な省エネ協カプログラム

ドイツ : IGEN (Indo German Energy Programme)

ドイツGTZとBEEが2003年に締結

コンサルタントがBEEに常駐

CDMプロジェクトの推進

米国 : USAID (United States Agency for International Development)

ビルの省エネルギー

スイス : スイス政府/SDCとインド政府/TERI*で締結

エネルギー多消費中小企業部門(鋳物、ガラス、レンガ)を対象

日本 : JICAの省エネ集団研修(日本に招待)

専門家派遣

その他、アジア開発銀行、世銀グループ、国際連合といった機関も協力

*TERI: The Energy and Resources Institute (インドの民間エネルギー研究機関)

(トップは、国連のIPCC現議長パチャウリ氏)

インド省エネ推進上の問題点

- 1) エネルギー消費に関する情報やデータの不足
- 2) エネルギーを管轄する省庁が5つ存在し、省エネを含むエネルギー政策に統一性が少ない
- 3) 安い統制価格が存在するため、省エネインセンティブが少なく、省エネ機器が普及しない。
(特に安い統制価格の恩恵を受けている農業・中小企業等)
- 4) 国営/州営会社はコスト意識が希薄なため、省エネが進みにくい。
- 5) イニシャルコストのみに関心を示し、価格は安いが効率の悪い機器が導入される傾向がある。
- 6) メンテナンス意識が乏しいため、経年により機器が劣化して、エネルギー効率が悪くなる。また補修に純正部品を使用せず、地元の会社が作った安い部品で補修するため、一層効率が悪化する傾向がある。
- 7) 省エネ機器へ更新する資金が不足。
- 8) 省エネは単にハードを導入するだけでなく、適切な運用があってはじめて効果が上がる。
しかし、社会制度、慣習等による教育水準のバラツキが適切な運用の障害となりうる。

インド省エネ(最後に)

インドの省エネポテンシャルは大きい(特に電力部門、電力消費機器)

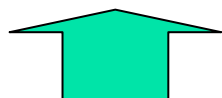
エネルギー需要の伸び抑制は世界のエネルギー需給安定化に寄与

インドが優先的に取り組むべきこと(現実的な制約、障害、困難さを乗り越えて)

・電力部門の効率改善、改革のスピードアップ

新規発電プロジェクトは石炭中心で高効率……CO₂排出を考慮するならば、新・再生可能エネや原子力にも、より注力

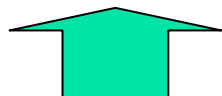
・統制価格制度(安いエネルギー価格)の見直し(=省エネインセンティブ)



省エネの範疇を超えたインフラ政策、エネルギー政策、産業政策、農業政策、社会政策等を総合した問題として取り組む必要あり

・エネルギー消費実態の把握

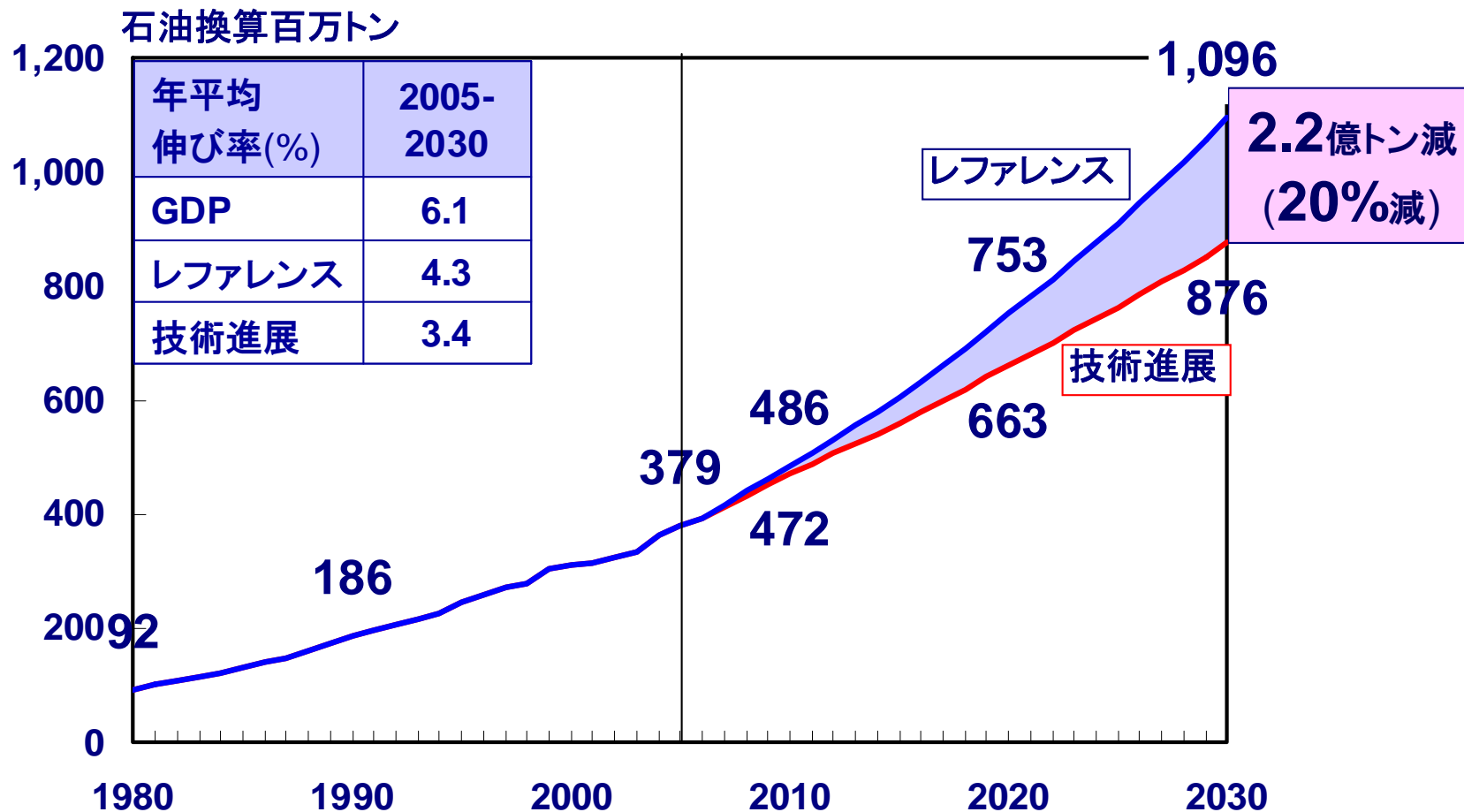
既に一定規模以上の特定消費者9業種には義務付け……適切に処理されるかがポイント
さらには、エネルギー消費統計制度の導入検討



日本の協力・貢献が重要

参考: インドの省エネポテンシャル

インドの一次エネルギー供給見通し
 (レファレンスケースと技術進展ケースの比較)



(出所) 日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトック2007」

参考: インドのエネルギーバランス表

インドの民間研究機関TERI作成

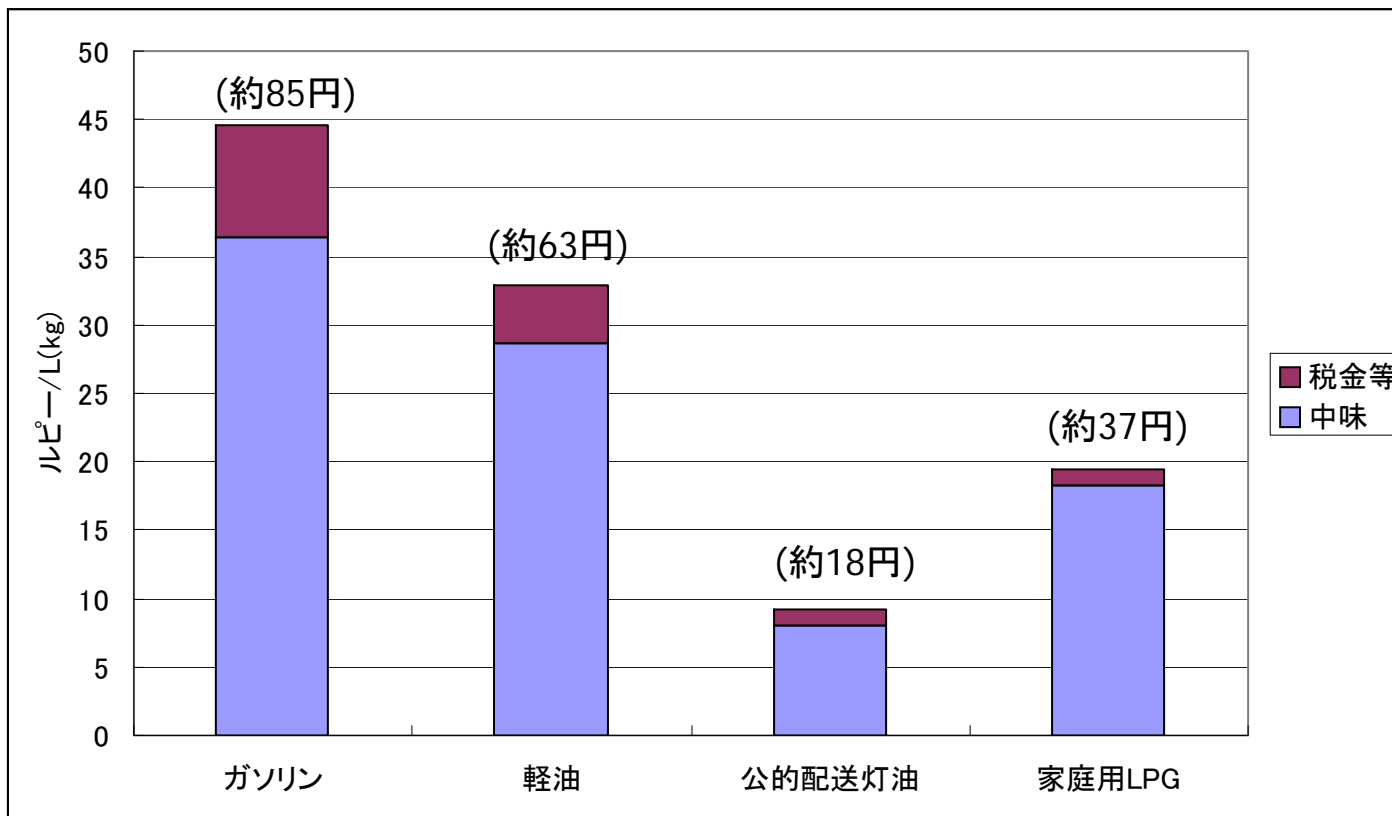
Commercial energy balance (million tonnes of oil equivalent): 2005/06

	Primary energy						Secondary energy							Other petroleum products	Total petroleum products	Thermal power	Total power	
	Coal and lignite	Hydro power	Nuclear power	renewable energy sources	Natural gas	Crude oil	LPG	Naphtha	Motor gasoline	Aviation turbine fuel	Kerosene	High-speed diesel	Light diesel oil					Fuel oil
Supply																		
Production	161.10	8.75	1.49	0.68	28.98	32.19											10.91	
Imports	24.59						99.41	3.07	2.66	0.52	0.00	0.92	0.76		0.78	2.42	11.13	0.15
Exports	1.17						0.00	0.06	5.37	2.43	2.98	0.13	8.76		1.77	0.69	22.18	0.02
Stock changes	-3.90						-1.49	-0.09	0.30	-0.07	-0.13	-0.48	0.29	-0.04	-0.52	0.39	-0.36	
Availability	180.61	8.75	1.49	0.68	28.98	130.11	11.63	10.24	9.25	3.53	9.80	38.75	0.85	11.72	9.64	105.40		
Petroleum refining							130.11	6.27	15.60	11.24	6.63	9.49	49.24	0.96	14.09	7.51	120.99	
Own use	0.40				2.07	9.13												
LPG extraction					2.47		2.47										2.47	
Power generation	121.68	8.75	1.49	0.68	10.69		0.00	2.94				2.64	0.06	0.87		6.52	138.89	149.80
Conversion loss in power generation	81.37				6.19							1.47	0.04	0.48		1.99	89.56	89.56
Auxiliary consumption in transmission and distribution losses	3.49				0.11							0.04	0.00	0.01		0.05	3.66	3.89
Flaring of natural gas					0.79													15.49
Coal washery rejects	1.41																	
Conversion	121.68				16.02	130.11	8.71	12.65	11.24	6.63	9.49	46.46	0.89	13.24	7.51	116.82	93.21	108.93
Net availability	57.12	8.69	1.32	0.68	12.96	120.99	11.63	10.24	9.25	3.53	9.80	38.75	0.85	11.72	9.64	105.40	45.68	41.01
Consumption	57.12				12.96		11.63	10.24	9.25	3.53	9.80	37.75	0.85	11.72	9.64	105.40		41.01
Agriculture					0.14		0.00					7.17	0.03	0.00		7.19		7.76
Industry	57.12				3.40		0.51	0.06				2.63	0.44	3.80	9.64	17.07		18.63
Transport							0.00		9.25	3.53		22.33	0.05	0.47		35.63		0.86
Residential					0.07		11.10				9.69					20.78		8.61
Commercial							0.00				0.03					0.03		3.09
Other energy uses					1.28		0.02	0.79			0.09	6.63	0.33	7.46		15.31		2.07
Non-energy uses					8.08			9.39								9.39		

インド政府の公式統計だけでは、上記のような簡素なエネバラにならざるを得ない

参考: インドの石油製品価格

デリーの直近の石油製品価格(統制価格4品)



(注)円換算は、1ルピー=1.9円で計算。税金等の額は推定。

(出所)石油天然ガス省PPAC資料をもとに作成

ガソリンと軽油の価格統制は2002年に廃止されたが、国営石油会社を通じた事実上の価格統制が行われている。
安い公的配送灯油が不正に軽油に混入される問題も起きている。

■ 全体のまとめ・インプリケーション

全体のまとめ・インプリケーション①

- 経済成長、人口増加等によりエネルギー需要と輸入の拡大は今後も継続する。
- インドの持続的な経済発展はもちろん、世界の石油市場安定化や気候変動問題への対応といった観点からも、新エネルギーの導入拡大や省エネルギーの推進が不可欠。
- 既に様々な取組みが開始されているが多くの課題を抱えており、目標を達成すべく、実効性のある政策をスピード感を持って進めていくことが求められる。

日印エネルギー対話

- 2006年12月、安部首相(当時)とシン首相の共同声明において設立に合意。(以下、原子力、新エネ、省エネに関する合意内容を抜粋。)
 - 第1回 2007年4月
 - エネルギー分野での協力推進を確認。
 - 5つのワーキンググループを設置
(電力・発電、省エネルギー、石油・ガス、石炭、再生可能エネルギー)
 - 第2回 2007年7月
 - 省エネ分野での具体的な協力内容を策定。
(省エネ診断、モデル事業、人材育成、専門家派遣)
 - 再生可能エネルギー分野での協力拡大に向けた議論を実施。
 - 第3回 2008年9月
 - 省エネ分野での具体的な協力内容を確認。
 - 太陽エネルギー、バイオマス等に関する協力可能性について議論。
 - 双方の原子力政策に関する情報・意見交換を行うことで合意。

全体のまとめ・インプリケーション②

- 我が国が有する原子力や新エネ、省エネ分野における世界最高水準の技術をもって、インドが抱える課題の解決に貢献することが可能。
- こうしたインドに対する協力・支援は、国際石油市場安定化や気候変動問題の緩和、更には我が国の関連産業活性化(インド市場でのビジネス機会拡大)という効用が期待されるだけに、我が国として前向きに捉え、取り組むべきであろう。

- ご清聴ありがとうございました。