

日本国際経済学会 関西支部研究会

# Power Sector Reform and Blackout in India

福味 敦

兵庫県立大学経済学部

# はじめに

## □インドが直面する電力問題

- ・停電・電力不足／電力の「質」(電圧・周波数)
- ・農村部の未電化／送配電損失・料金未納・盜電

経済成長の阻害  
社会開発の遅れ



貧困削減に悪影響

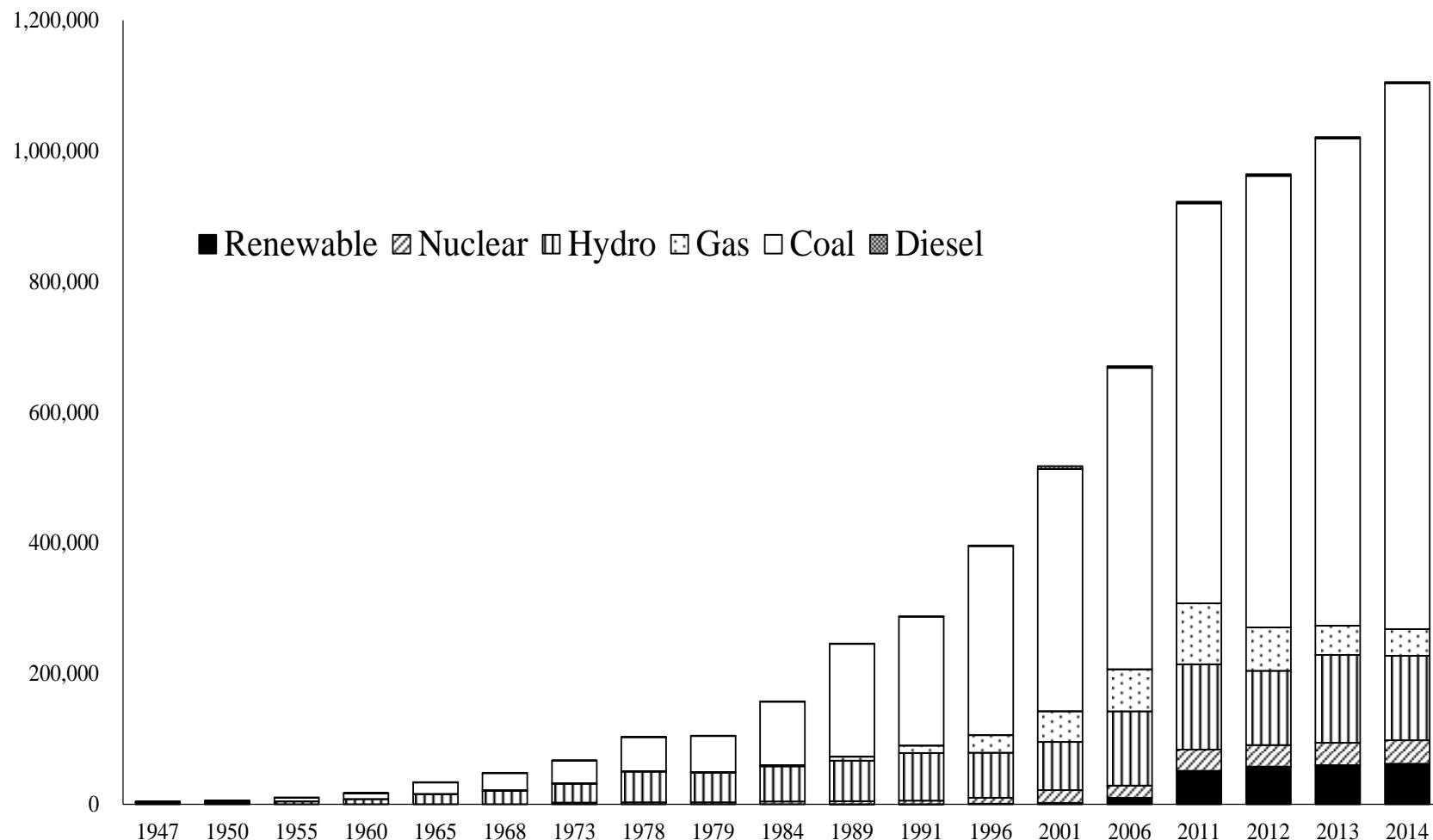
## □本報告

- ① インドの電力部門
- ② 問題の背景と「電力改革」
- ③ 各州の状況比較
- ④ 「電力改革」の効果に関する実証分析

# 1. インド電力部門

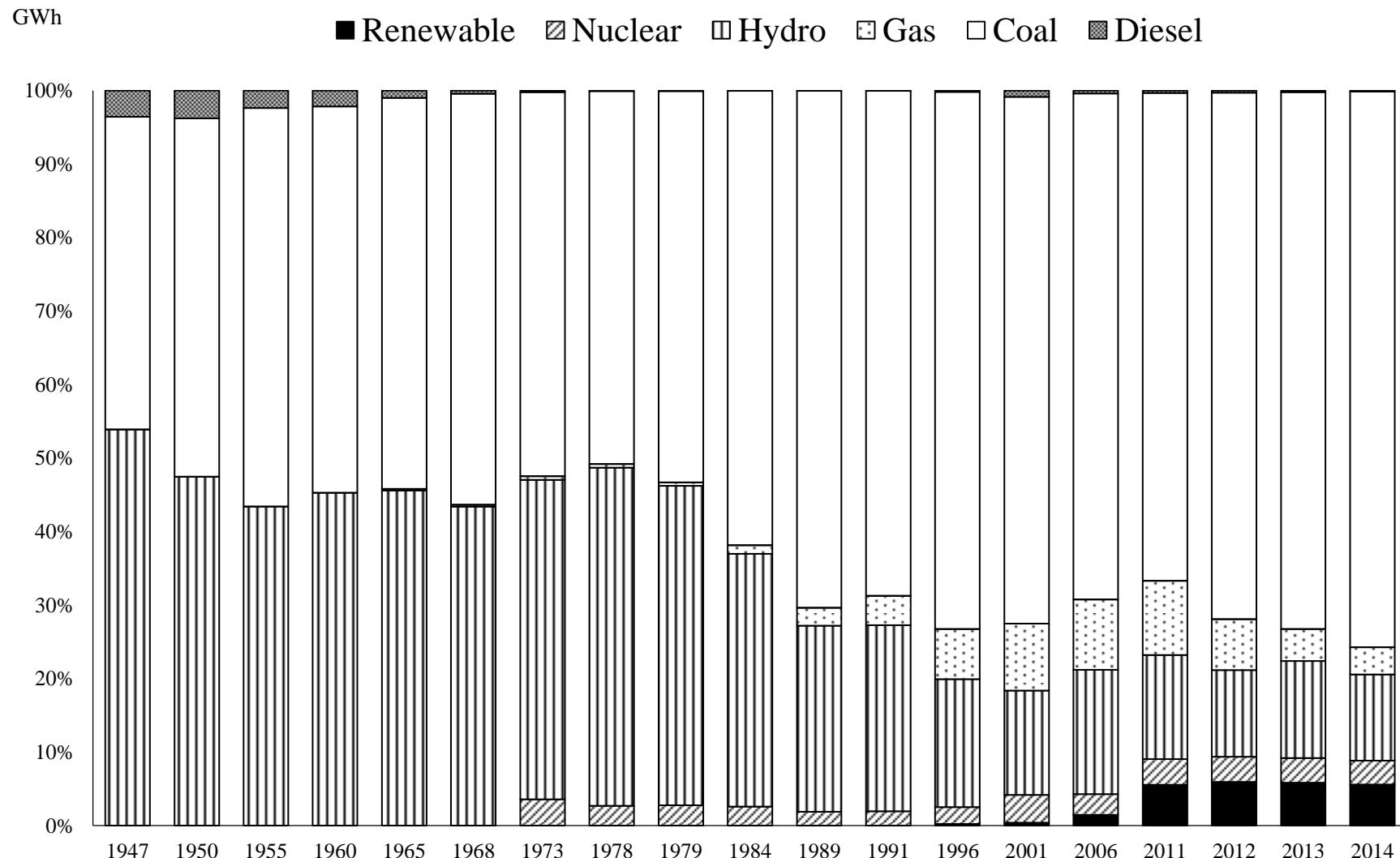
GWh

Figure 1 Mode Wise Growth of Gross Power Generation (Utilities Only)



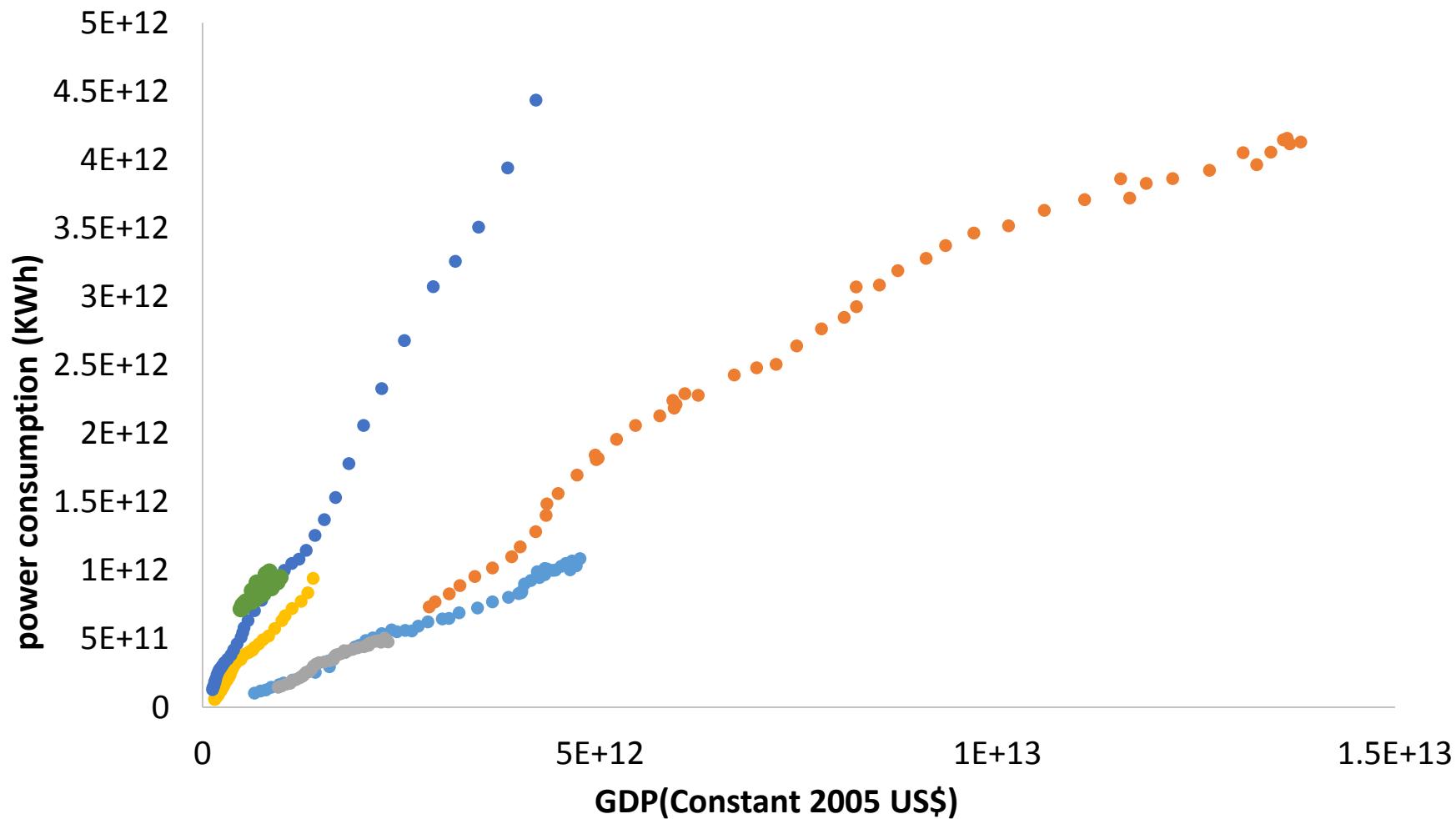
Source: CEA (2015)

Figure 2 Mode Wise Growth of Gross Power Generation (Utilities Only)



Source: CEA ( 2015)

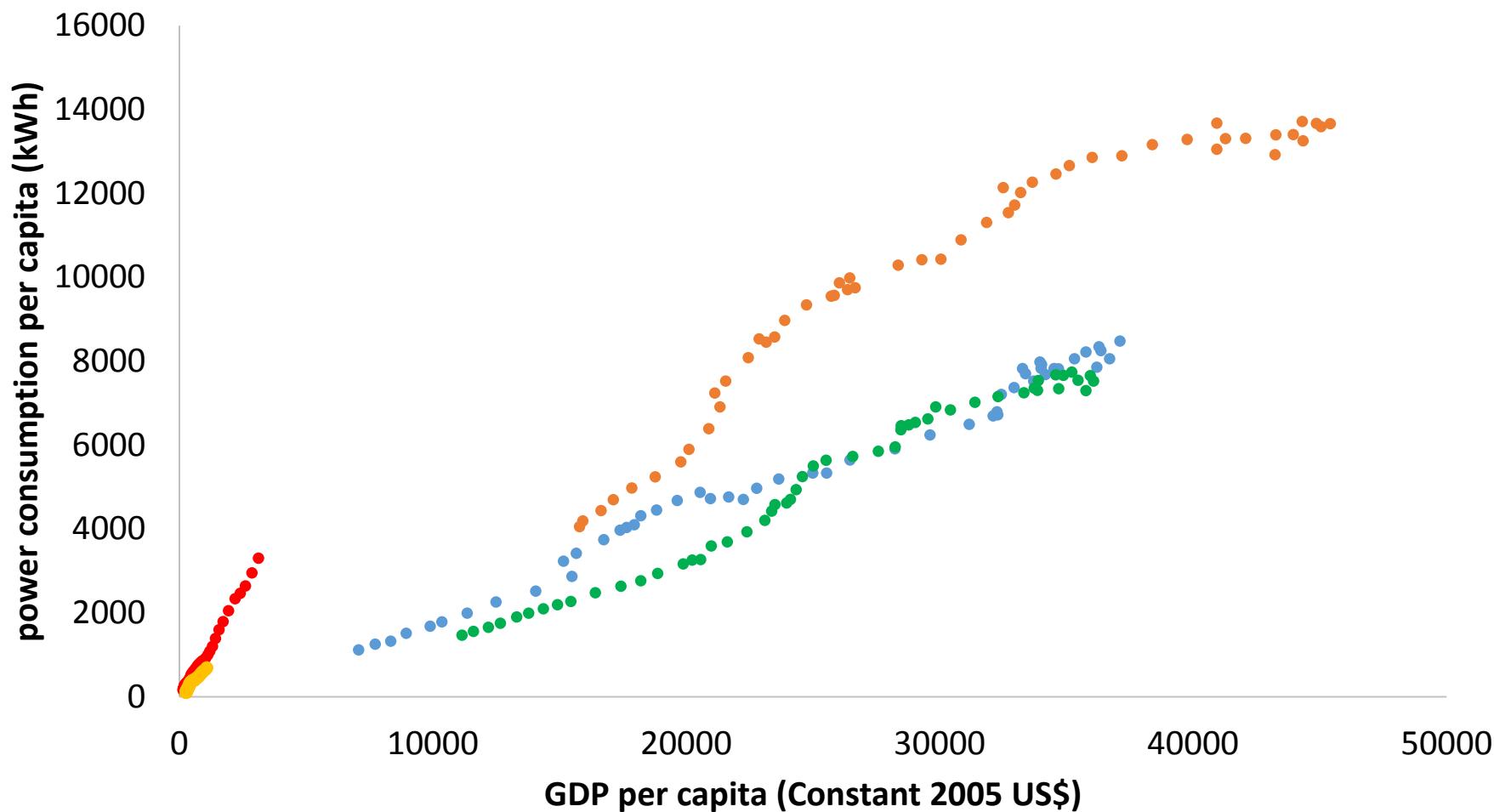
## Economic development and power consumption India, China, Japan, US, France and Russia



Data : World Development Indicator.

Note: The period is from 1960 to 2011 for US, JPN and FRA, from 1970 to 2011 for China and from 1990 to 2012 for Russia.

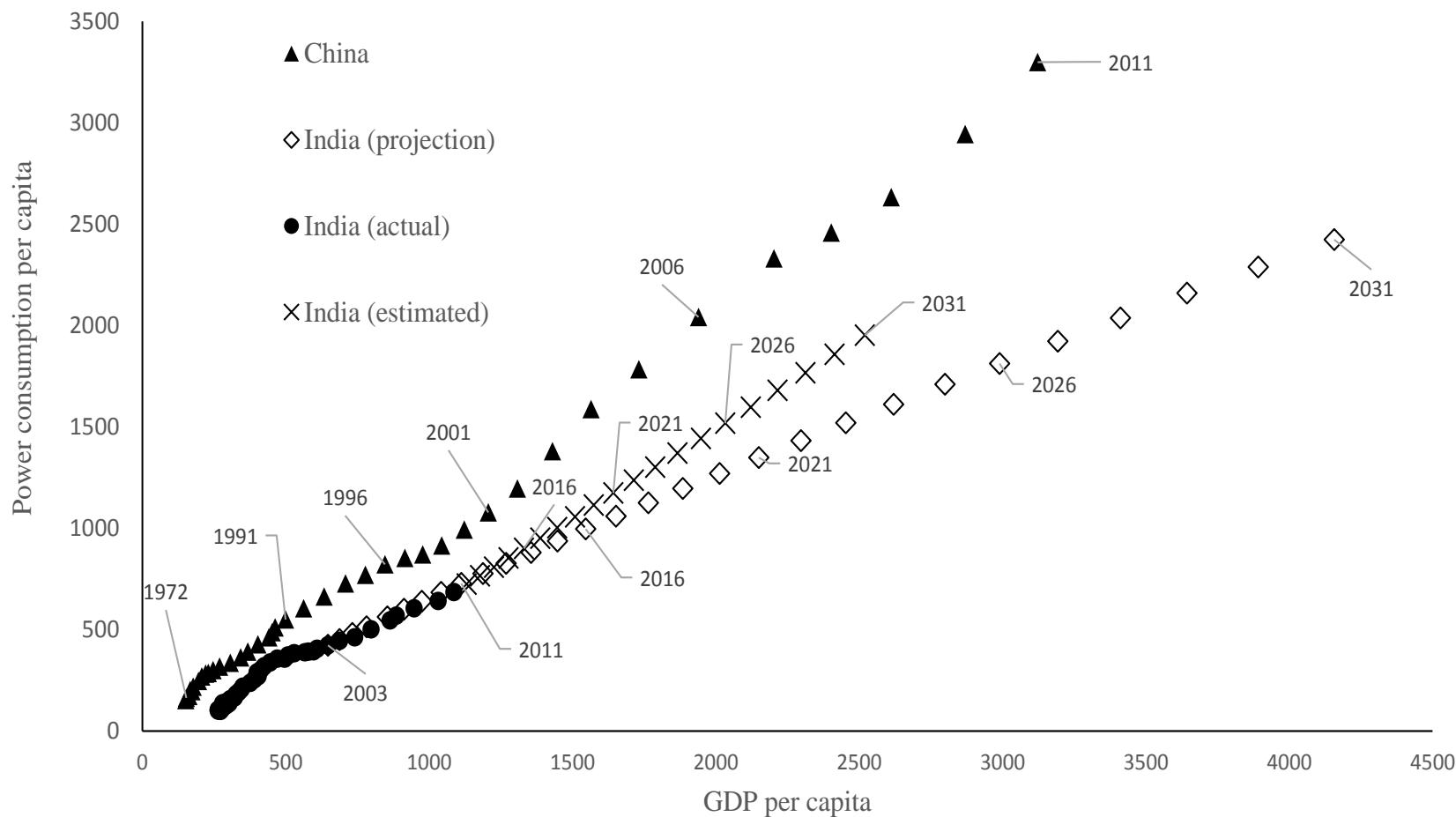
## Economic Development and power consumption Comparisons among China, Japan, US, and France



Data : World Development Indicator.

Note: The period is from 1960 to 2011 for US, JPN and FRA and from 1970 to 2011 for China.

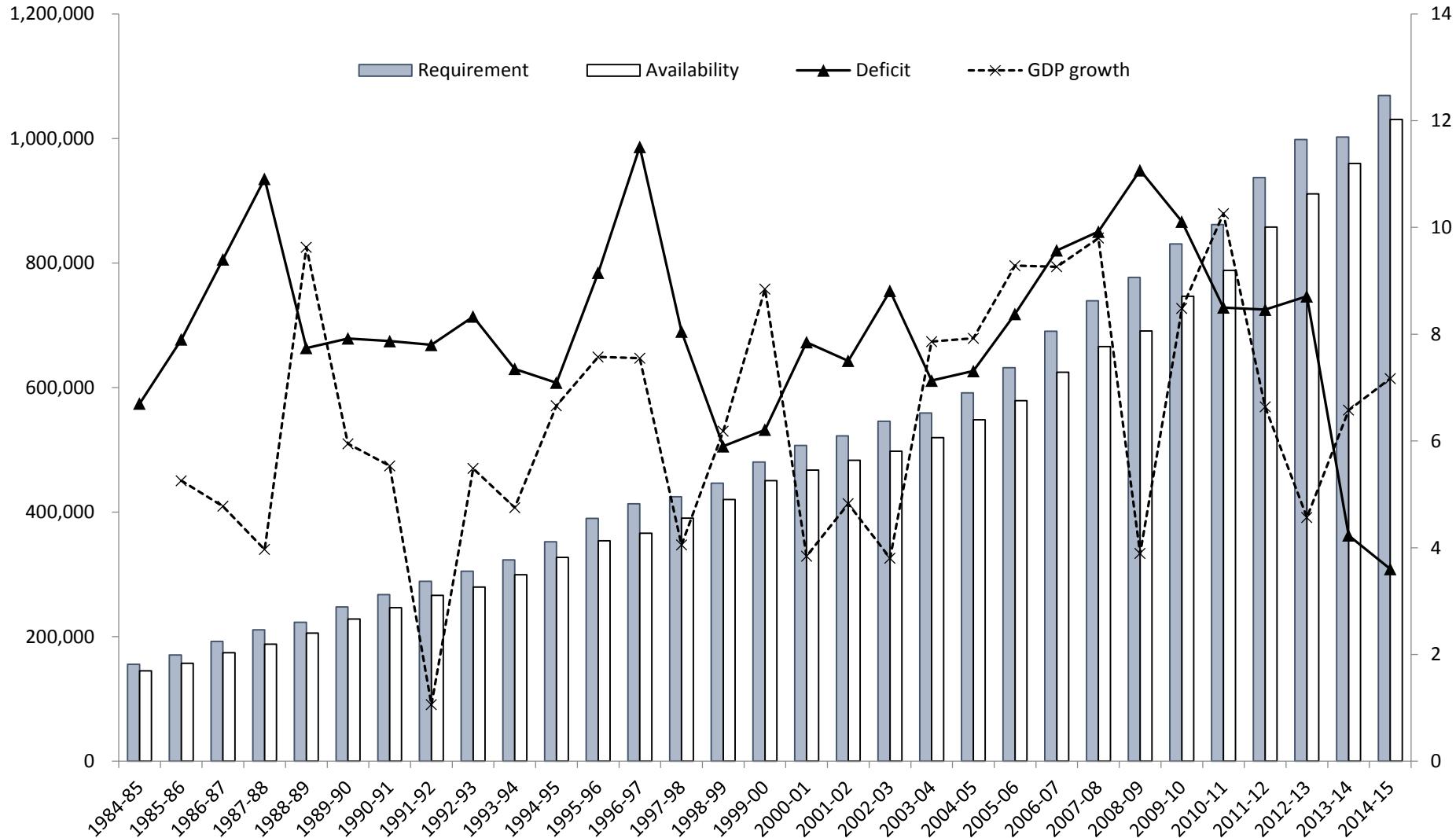
Figure 2 Power Consumption and Economic Development  
India and China



Source: Original actual data is from World Development Indicator. Data on projected value is from Planning Commission (2006). Estimated values is authors calculation basing on the actual trend from 1971 to 2011.

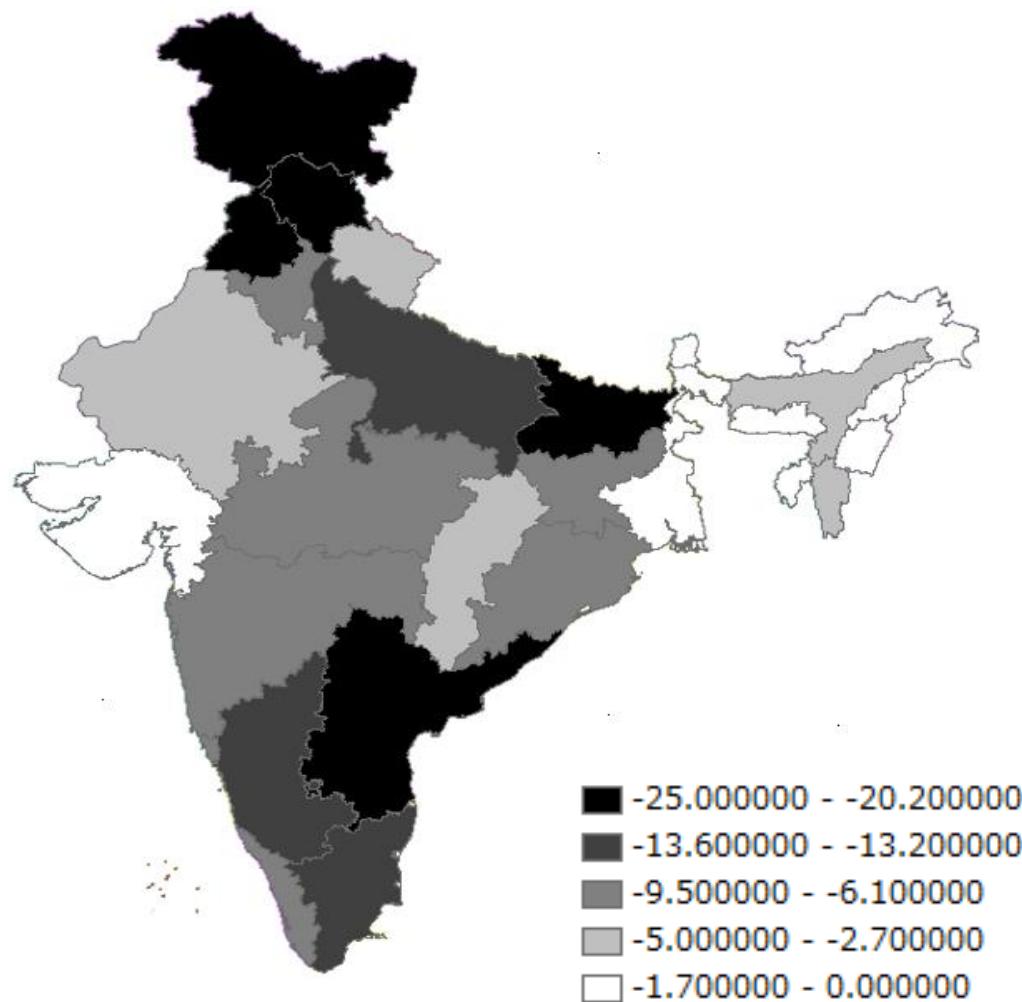
GWh

Figure1 Position of power requirement and availability



Source: CEA (2015)

Figure 6 Power shortage in 2012 (% of annual requested energy)



Source: Original data is from Ministry of Power (2013)

Figure 5 NSDP vs Electricity consumption (per capita), 2006-2012

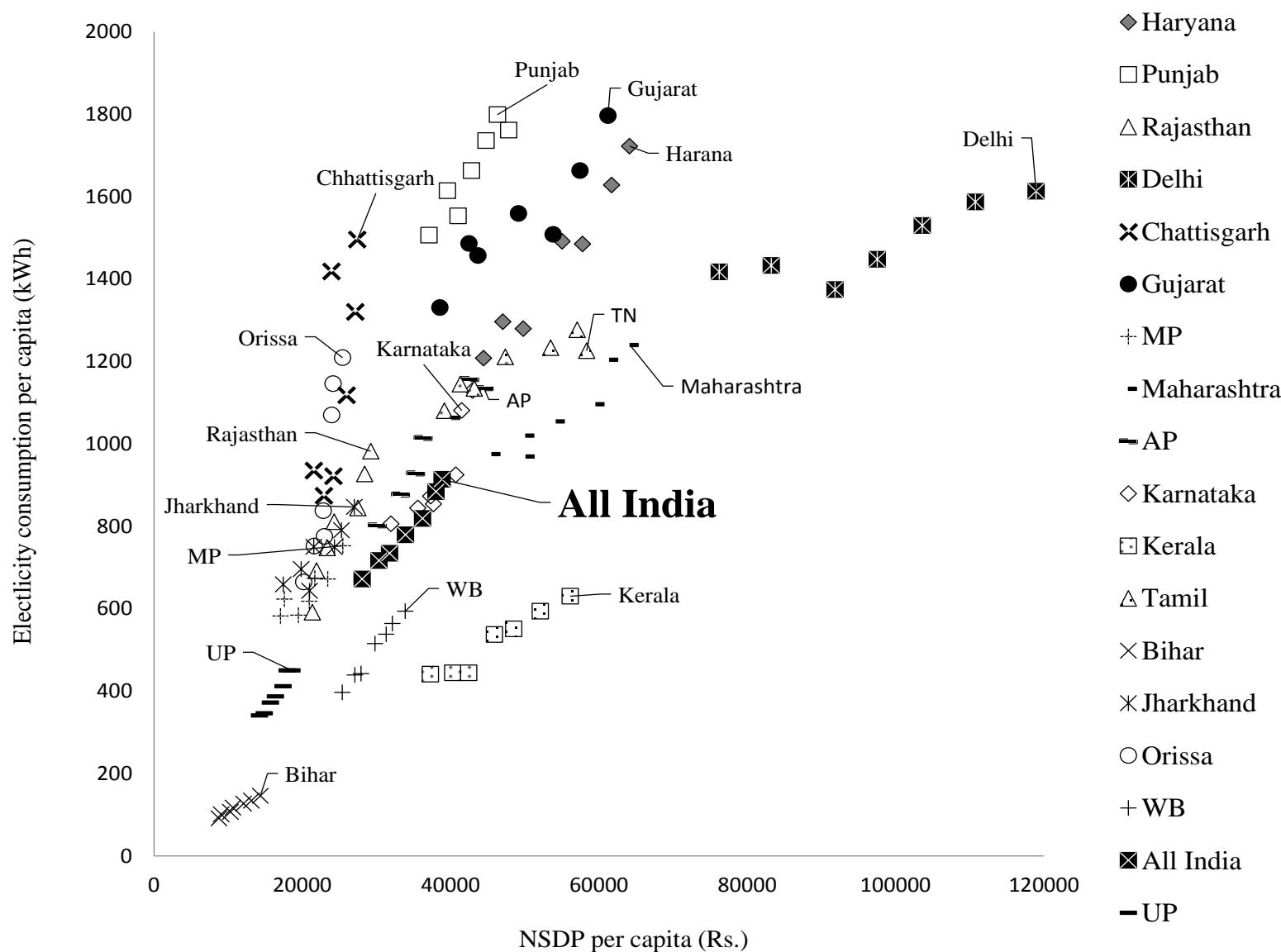
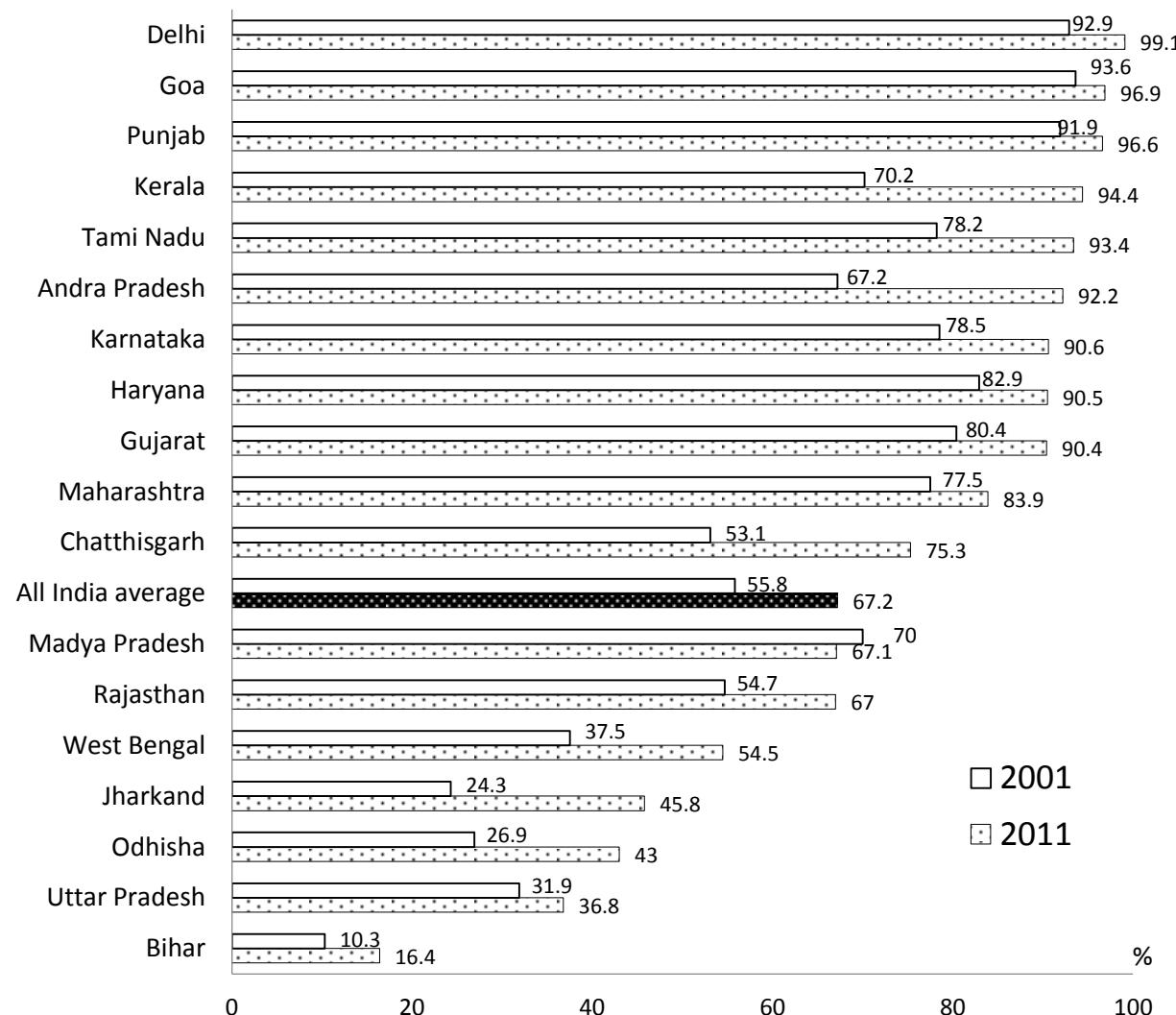


Figure 2 Statewise electrification status

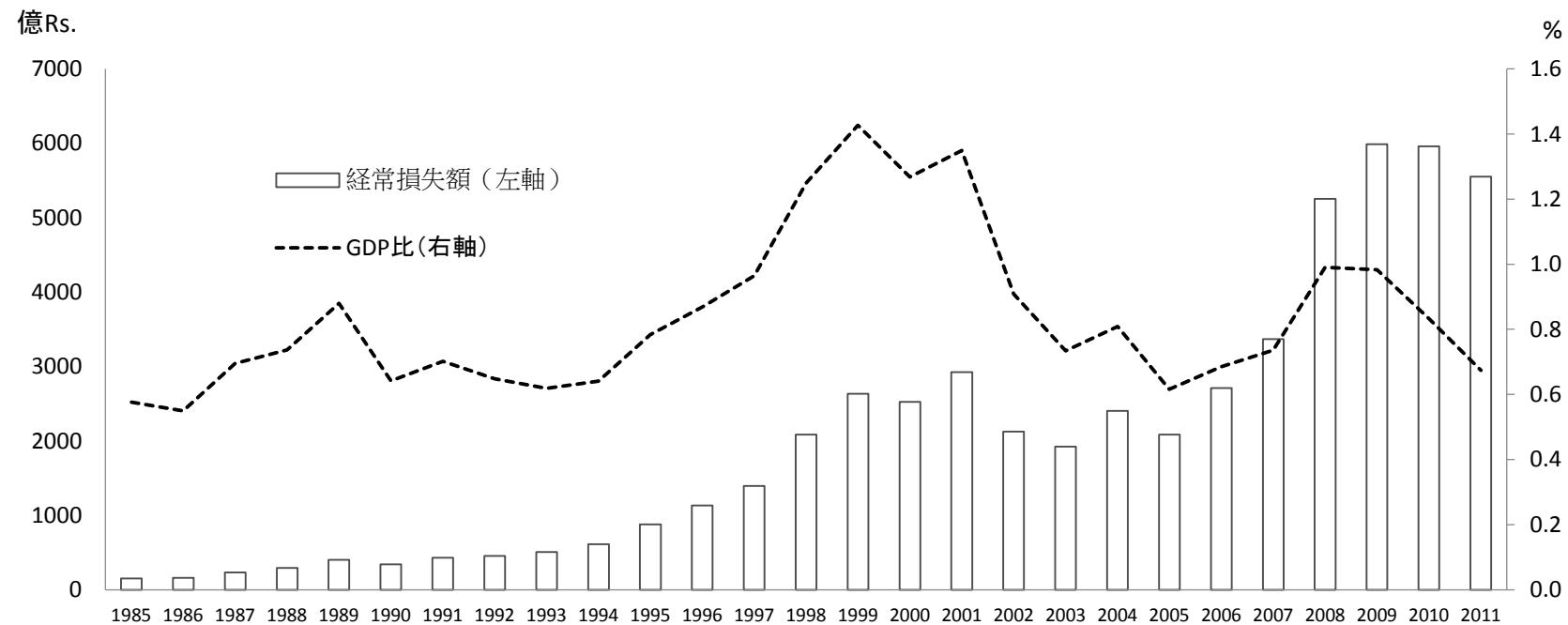


## 2. 問題の背景：州電力事業の破綻

# 問題の背景：州電力事業の破綻(1)

## □州電力事業体の深刻な財務状況

- ・巨額の営業損失を計上、財政の重荷に



(出所) Power Finance Corporation [2008], Planning Commission [2011a], Reserve Bank of India [2012]より作成

(註)1. 州電力庁の分割後はその後継会社の営業損失を表記している。

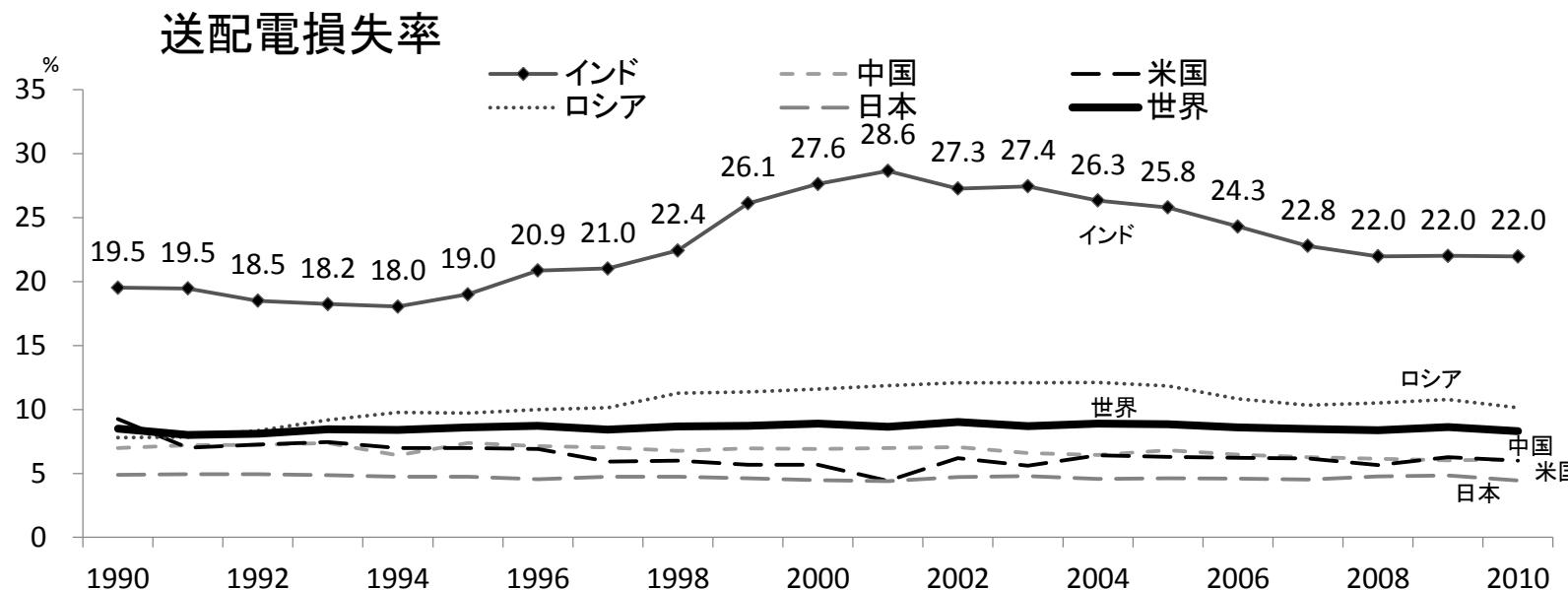
2. 営業損失には、州政府による損失補填は含まれない。

## 問題の背景：州電力事業の破綻(2)

口なぜ？

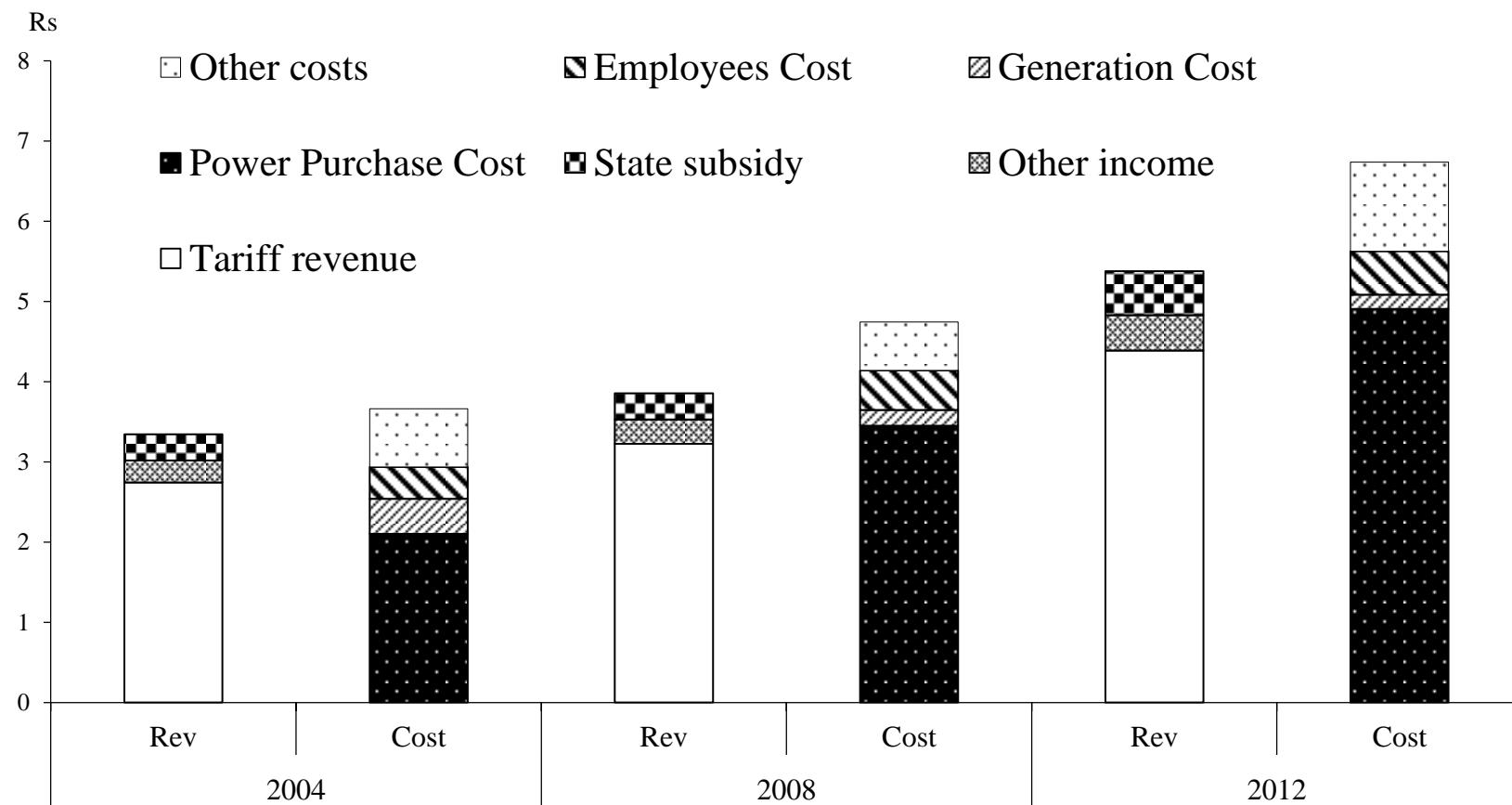
1. 送配電プロセスにおける電力の損失
2. 非合理的な料金体系＝巨額の補助金
  - ・農業用電力料金はコストを大幅に下回る水準に設定

→経費回収率の低迷



(出所) World Development Indicator

Figure 8 Composition of Power Supply Cost and Revenue per kWh



Source: Calculated by the author from PRC(2008),(2012)(2014)

Note

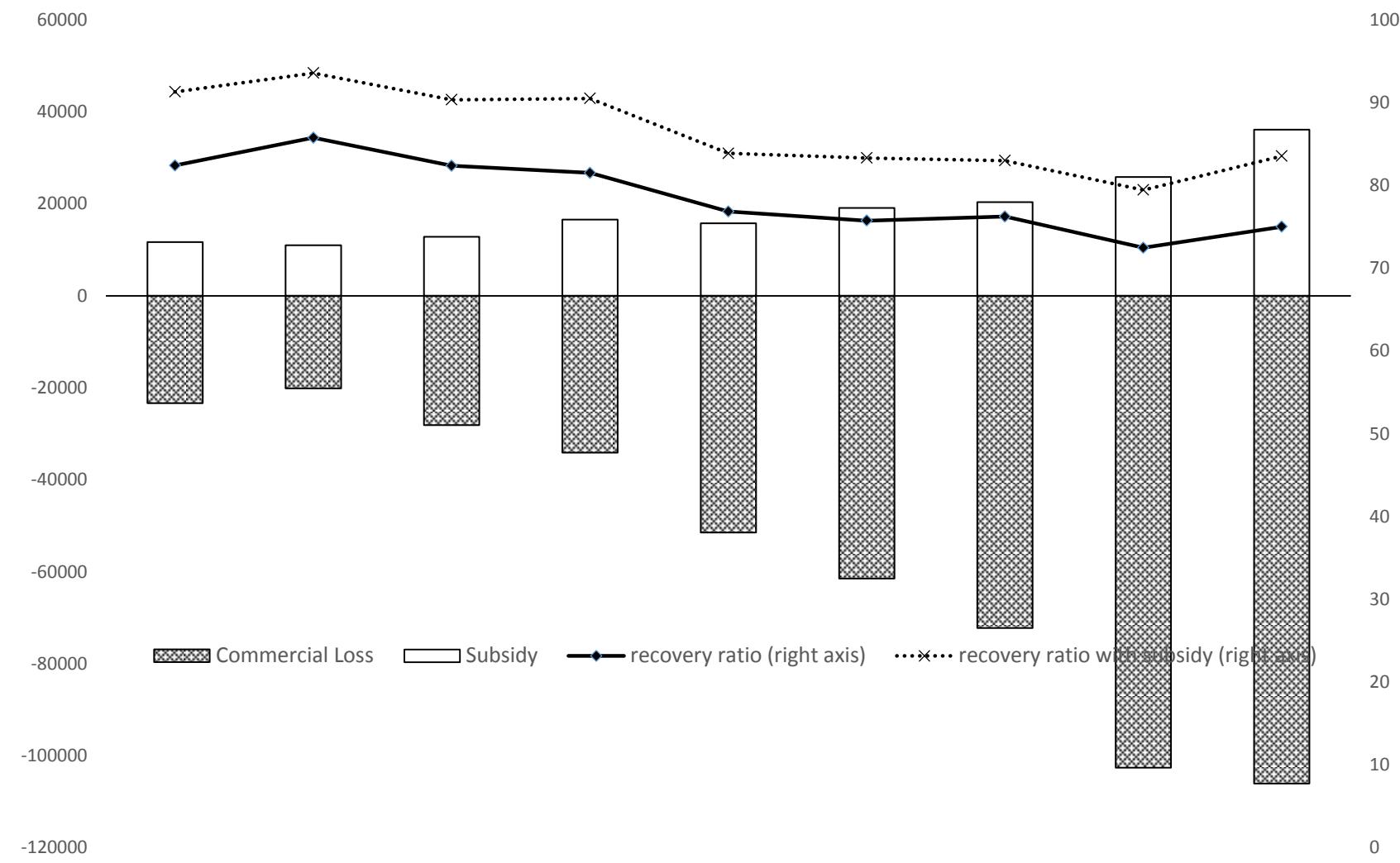
\*Data of the utilities directly selling electricity to consumers only.

\*\*"Other costs" include cost for Employees, O&M, Interest, Depreciation, and Admini and General expenditure

Crore

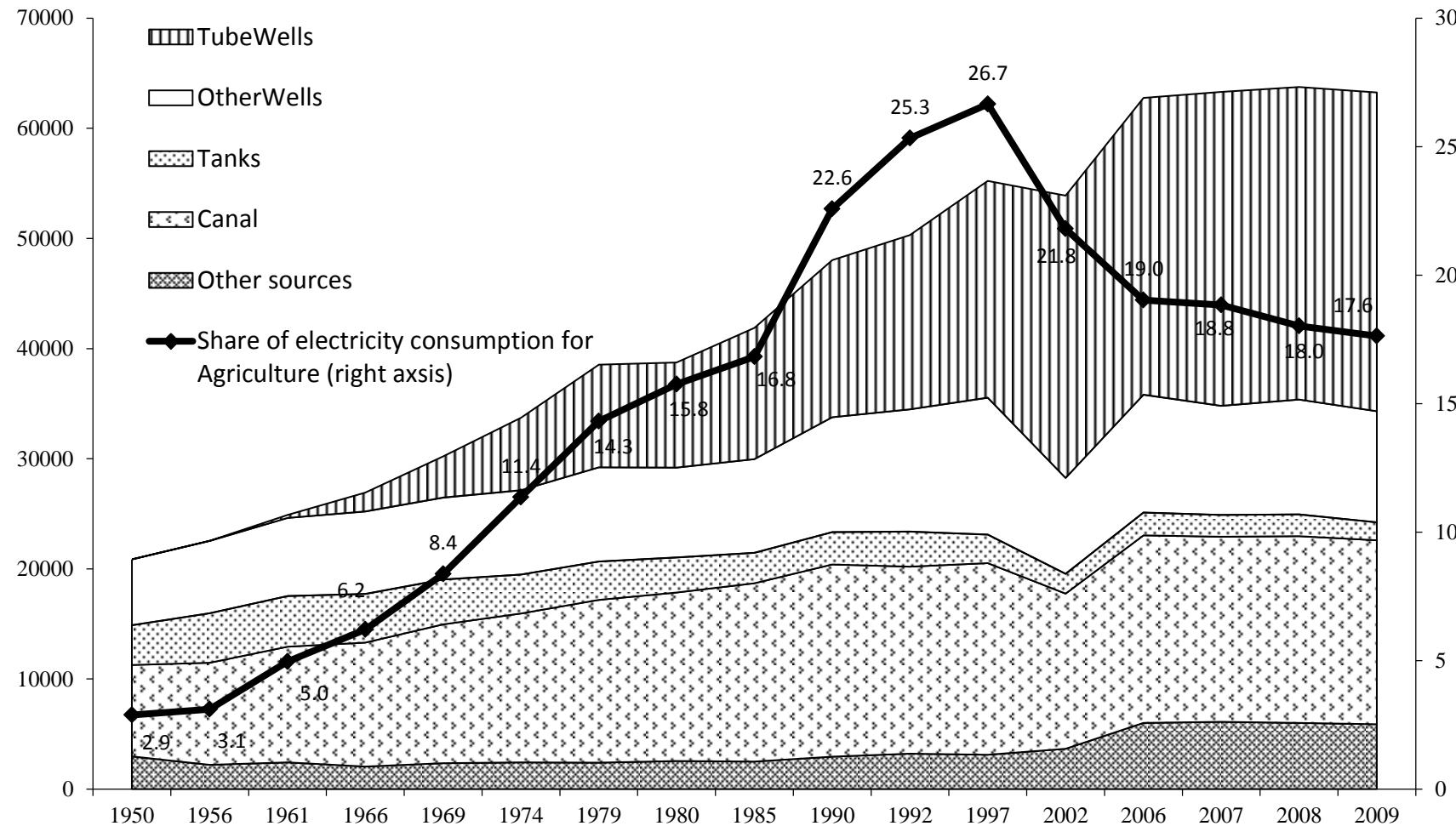
Figure 6 Recovery ratio with and without subsidy

%

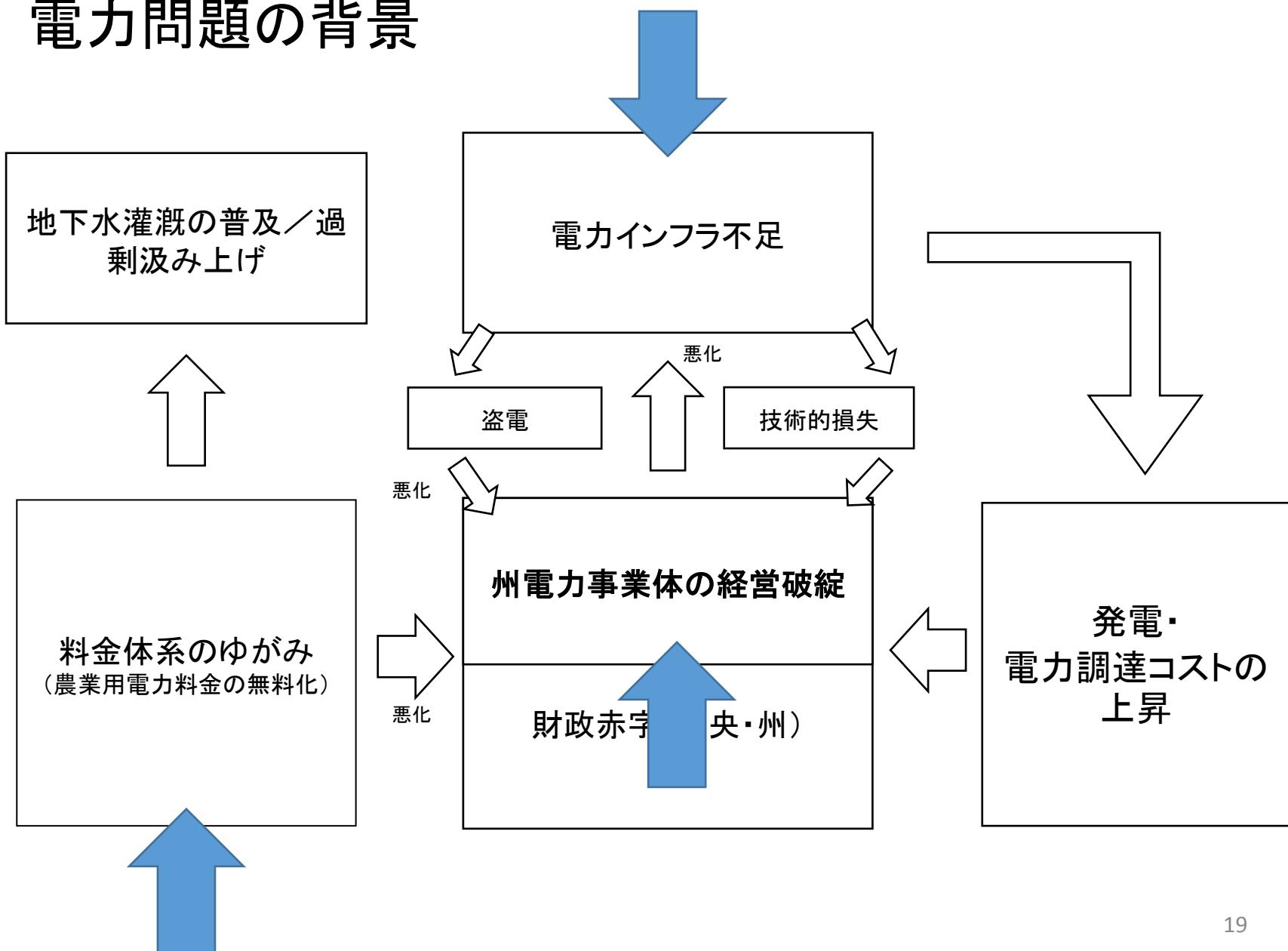


Thousand Hectare

Figure 9 Net Area Irrigated from Different Sources of Irrigation and the Share of Electricity Consumption for Agriculture



# 電力問題の背景



# 電力部門改革の要諦

## 課題

- ・州電力事業体、特に配電部門の経営改革
- ・損失率の引き下げ・料金体系の合理化
- ・民間資本の参加促進、発電容量の拡大
- ・農村電化の推進

## 組織改革・設置

- ・State Electricity Boards (SEB)のアンバンドリング：発・送・配電部門を分割、公社化。部門別の透明性確保・インセンティブ強化。発電部門への新規事業者の参入・競争促進。
- ・State Electricity Regulatory Commissions (SERC)の設置：政治の影響力から離れ、合理的な観点から料金設定

## 各種プログラム

- ・APDRP：メーター設置などを中央政府が財政的に支援
- ・RGGVY：農村電化を中央政府が財政的支援

## 改革の経緯

### 第一段階(1990年代前半)

- ・独立発電会社の設立促進

### 第二段階(1990年代後半)

- ・SEBの発電・送電・配電部門を分割(Unbundling)
- ・SERC(電力規制委員会)設立:料金体系の合理化目的
- ・APDRP(電力開発改革プログラム):メーター設置などを財政的に支援、2012年までにAT&D lossを15%に→R-APDRPに引き継がれる

### 第三段階(2003年電力法以降)

- ・2003年電力法の制定:SEB改革の義務化
- ・RGGVY:農村電化の推進

## 2003年電力法

民営化の実施については各州政府の自主性にゆだねつつ、SEB のアンバンドリングを推進

- ① 水力発電を例外として、発電部門の許認可制からの免除
- ② 送電部門への非差別的オープンアクセスの確保
- ③ 配電免許事業者と発電・送電免許事業者間での相互乗り入れの自由化
- ④ 電力トレーディングの認可
- ⑤ 農村電化の推進
- ⑥ 州電力規制委員会設置の義務化
- ⑦ メーター設置の義務化
- ⑧ 盗電に対する罰則強化

### 3. 各州における電力改革の状況

# 成果の指標 2004,2012年

(※Tariffのみ2007,2011年)

	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)	
	Per capita electricity consumption (kWh/year)		Energy Deficit (%)		Unit cost of power supply (2004 Rs/KWh)		ATC loss (%)		Tariff distortion (Agriculture/Industry)		Profit loss margin without subsidy (%)	
	2004	2012	2004	2012	2004	2012	2004	2012	2007	2011	2004	2012
Andhra Pradesh	764.8	1134.9	-0.70	-17.60	2.854	4.298	21.2	13.6	2.2	2.8	-13.204	-77.544
Bihar	75.1	145.4	-10.10	-16.70	6.068	5.668	82.5	54.6	14.4	25.1	-52.606	-84.963
Chhattisgarh	684.8	1495.4	-1.70	-1.70	3.254	2.198	32.3	25.1	21.5	30.9	4.692	-7.416
Delhi	1553.8	1613.3	-1.00	-0.50	3.800	3.945	42.9	15.2	35.1	41.7	2.570	1.837
Gujarat	1298.8	1796.3	-11.70	-0.20	3.743	3.117	35.2	19.9	26.1	36.6	-21.176	-3.723
Haryana	950.7	1722.3	-5.70	-7.70	3.833	3.866	43.7	32.6	8.7	8.8	-40.233	-74.384
Jharkhand	546.2	846.8	-2.20	-3.90	6.958	4.503	62.8	47.5	10.4	10.7	-35.182	-68.221
Karnataka	660.0	1129.1	-4.20	-13.90	3.527	2.990	33.7	20.8	15.6	50.4	-21.726	-14.249
Kerala	397.8	630.1	-1.20	-4.00	3.725	4.298	32.1	10.5	26.1	25.7	-7.338	2.067
Madhya Pradesh	515.5	752.7	-13.50	-9.60	3.254	3.733	54.3	31.2	25.4	60.4	7.398	-42.165
Maharashtra	879.1	1239.3	-12.10	-3.20	3.447	3.520	28.0	22.0	39.0	34.1	-5.079	-1.853
Orissa	735.5	1209.2	-0.80	-3.30	3.333	3.233	42.9	42.9	36.6	20.9	-13.181	-7.049
Punjab	1245.2	1761.1	-9.00	-5.30	4.681	2.998	24.0	17.7	0.5	0.0	-76.185	-34.715
Rajasthan	583.3	981.9	-0.80	-3.00	4.521	3.766	46.7	20.0	29.1	28.2	-37.083	-84.380
Tamil Nadu	918.1	1226.3	-0.60	-17.50	3.369	4.806	19.4	20.7	0.0	0.0	-17.837	-59.741
Uttar Pradesh	308.8	450.0	-20.10	-16.60	3.780	3.623	46.8	42.9	37.7	37.6	-42.955	-70.226
West Bengal	413.5	593.9	-1.60	-0.70	3.476	3.832	23.9	34.4	29.2	44.7	-6.442	0.469
India	612.5	914.4	-7.30	-9.00	3.660	3.746	34.8	25.4	18.6	27.9	-21.628	-33.402

Power Finance Corporation, Report on the performance of state power utilities for the years 2010–11 to 2012–13, Planning Commission "Annual Report on The Working of State Power Utilities and Electricity Department" 2013–2014より作成

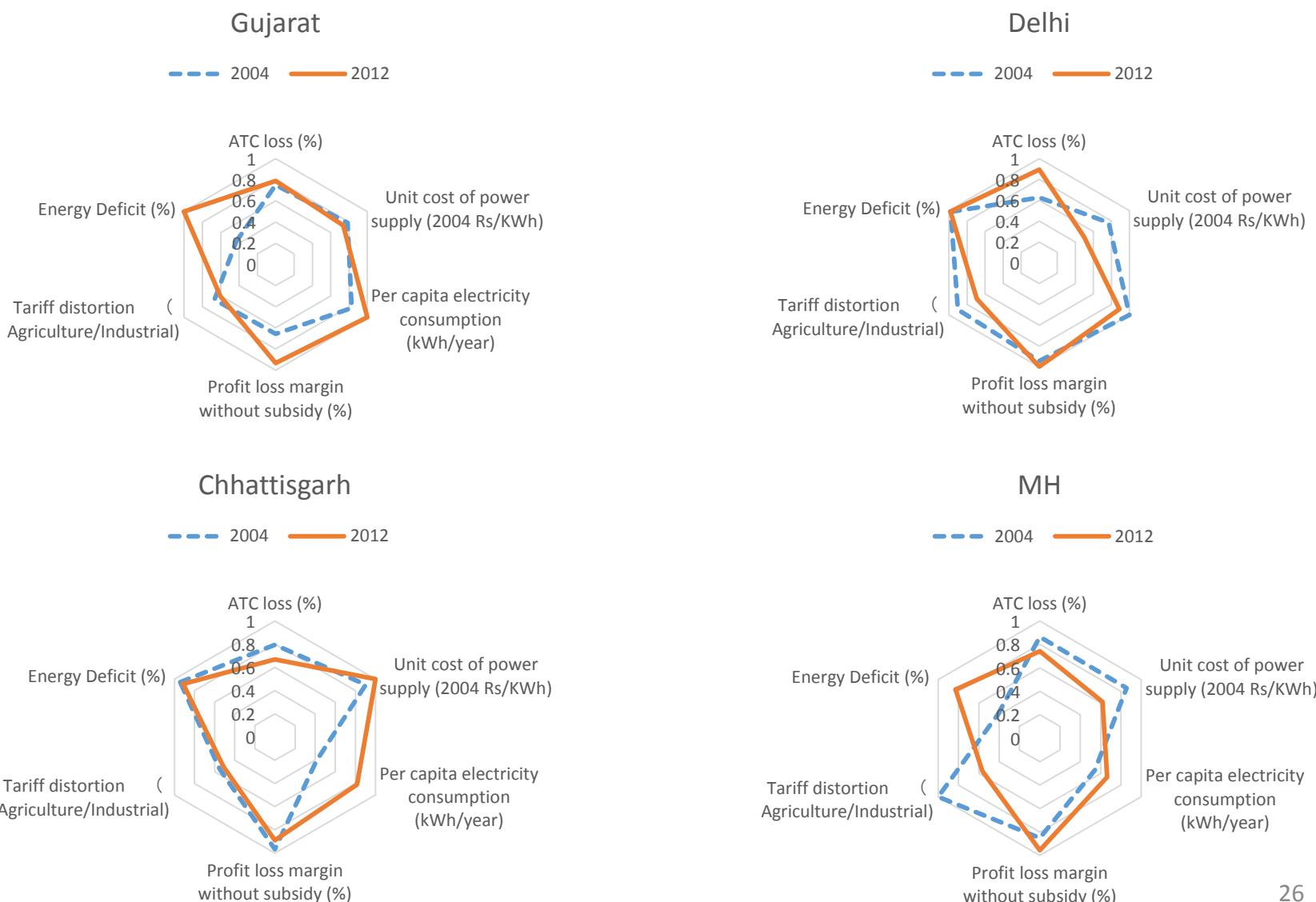
- ① 一人あたり電力消費は上昇
- ② 電力需給は悪化(特に南インド)
- ③ 電力供給コスト上昇
- ④ AT & Cロス低下
- ⑤ 料金改革の進展
- ⑥ 電力事業の損失は拡大

# 成果指標の正規化

※もっとも値の良い州が1を、ワースト州が0をとる

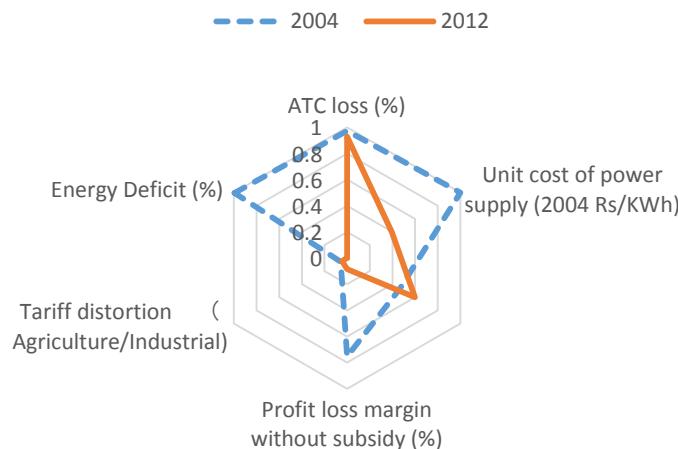
	ATC loss (%)		Unit cost of power supply (2004 Rs/KWh)		Per capita electricity consumption (kWh/year)		Profit loss margin without subsidy (%)		Tariff distortion (Agriculture/Industrial)		Energy Deficit (%)		Average			
	2004	2012	2004	2012	2004	2012	2004	2012	2007	2011	2004	2012	2004	rank	2012	rank
Andhra Pradesh	0.97	0.93	1.00	0.39	0.47	0.60	0.75	0.09	0.06	0.05	0.99	0.00	0.71	7	0.34	14
Bihar	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.37	0.41	0.51	0.05	0.23	17	0.08	17
Chhattisgarh	0.80	0.67	0.90	1.00	0.41	0.82	0.97	0.89	0.55	0.51	0.94	0.91	0.76	3	0.80	3
Delhi	0.63	0.89	0.77	0.50	1.00	0.89	0.94	1.00	0.90	0.69	0.98	0.98	0.87	1	0.82	2
Gujarat	0.75	0.79	0.78	0.74	0.83	1.00	0.66	0.93	0.67	0.61	0.43	1.00	0.69	9	0.84	1
Haryana	0.62	0.50	0.76	0.52	0.59	0.96	0.43	0.12	0.22	0.14	0.74	0.57	0.56	13	0.47	12
Jharkhand	0.31	0.16	0.00	0.34	0.32	0.42	0.49	0.19	0.27	0.18	0.92	0.79	0.38	16	0.35	13
Karnataka	0.77	0.77	0.84	0.77	0.40	0.60	0.65	0.81	0.40	0.83	0.82	0.21	0.65	10	0.67	5
Kerala	0.80	1.00	0.79	0.39	0.22	0.29	0.82	1.00	0.67	0.42	0.97	0.78	0.71	6	0.65	7
Madhya Pradesh	0.45	0.53	0.90	0.56	0.30	0.37	1.00	0.49	0.65	1.00	0.34	0.46	0.61	12	0.57	10
Maharashtra	0.86	0.74	0.86	0.62	0.54	0.66	0.85	0.95	1.00	0.56	0.41	0.83	0.75	5	0.73	4
Orissa	0.63	0.27	0.88	0.70	0.45	0.64	0.75	0.90	0.94	0.35	0.99	0.82	0.77	2	0.61	9
Punjab	0.93	0.84	0.55	0.77	0.79	0.98	0.00	0.58	0.01	0.00	0.57	0.71	0.48	15	0.65	8
Rajasthan	0.57	0.79	0.59	0.55	0.34	0.51	0.47	0.01	0.75	0.47	0.99	0.84	0.62	11	0.53	11
Tamil Nadu	1.00	0.77	0.87	0.25	0.57	0.65	0.70	0.29	0.00	0.00	1.00	0.01	0.69	8	0.33	15
Uttar Pradesh	0.57	0.27	0.77	0.59	0.16	0.18	0.40	0.17	0.97	0.62	0.00	0.06	0.48	14	0.32	16
West Bengal	0.93	0.46	0.85	0.53	0.23	0.27	0.83	0.98	0.75	0.74	0.95	0.97	0.76	4	0.66	6

# ランキング上位

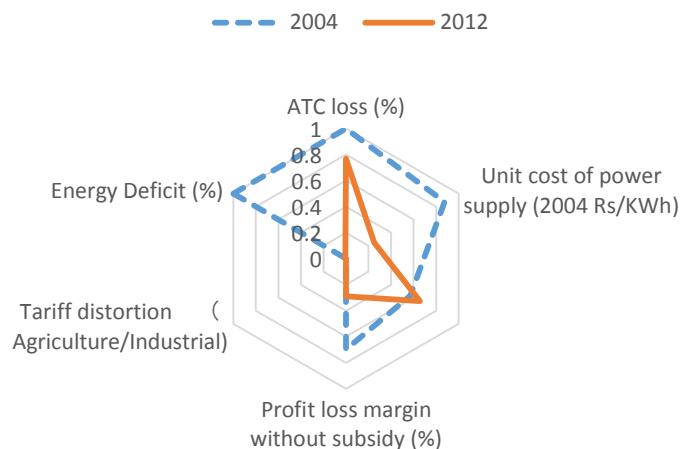


# 南部3州

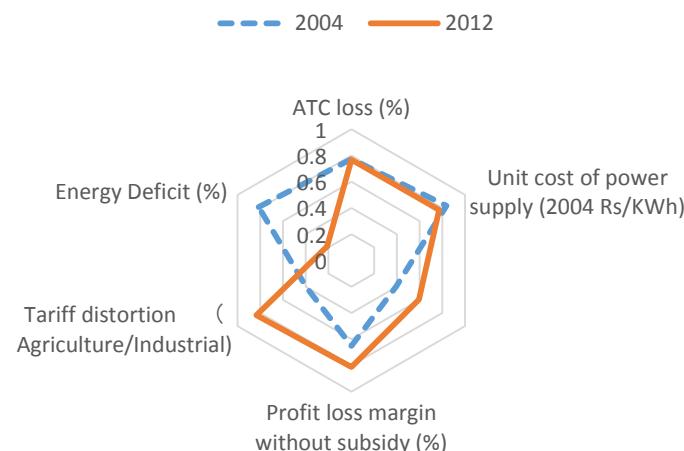
AP



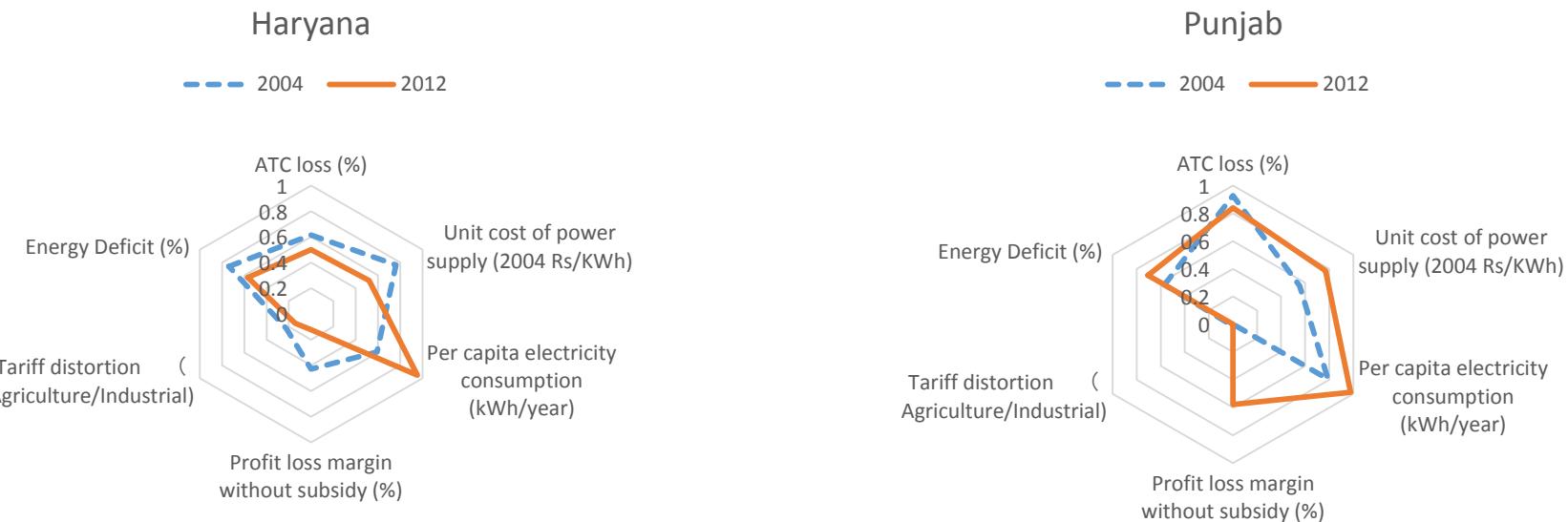
TN



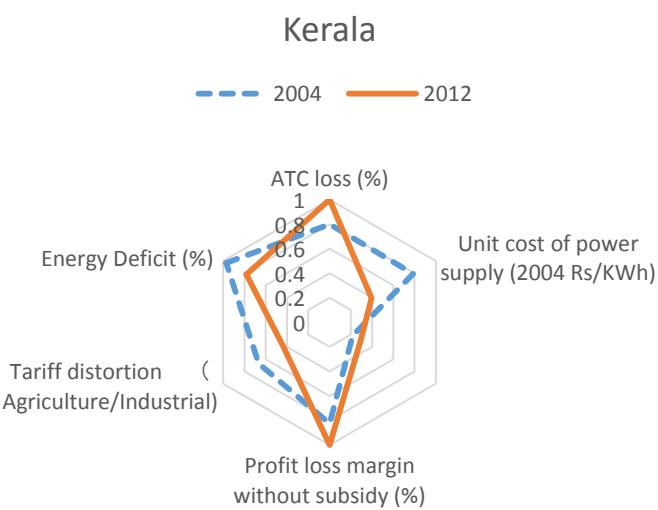
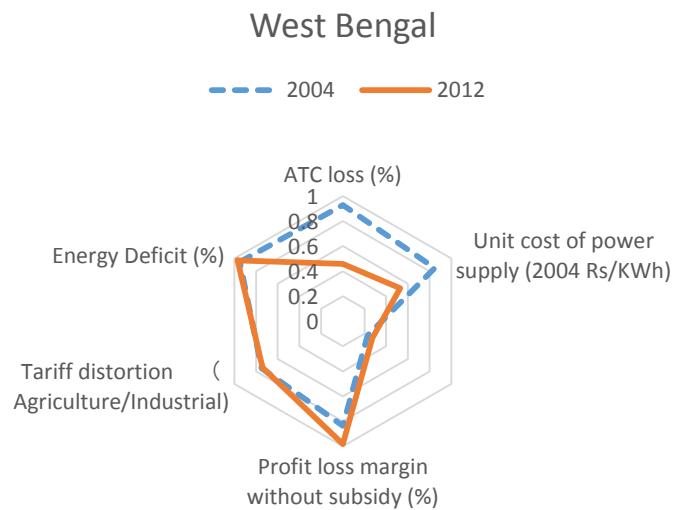
Karnataka



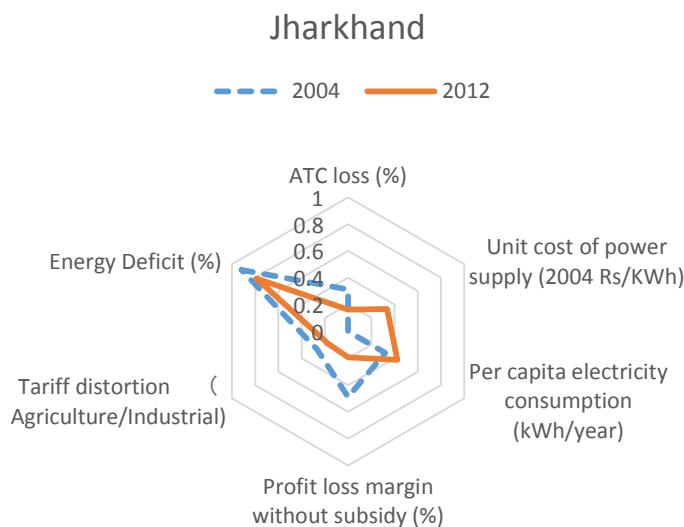
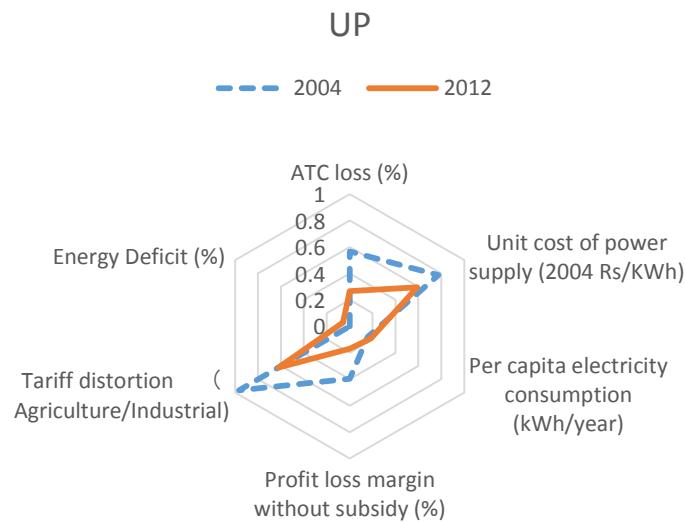
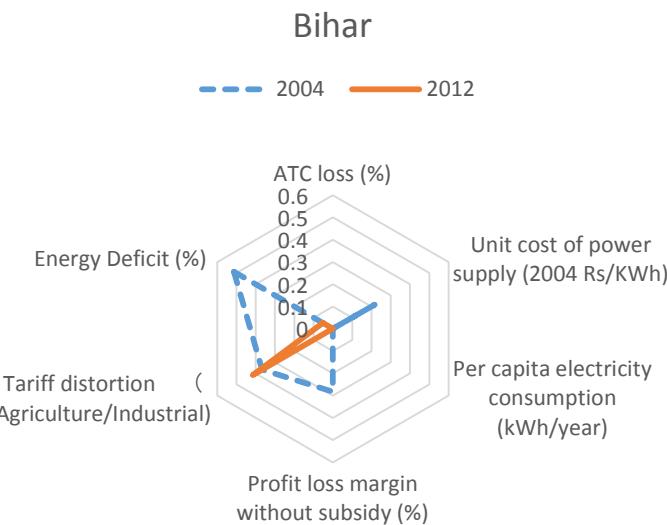
# 穀倉地帯



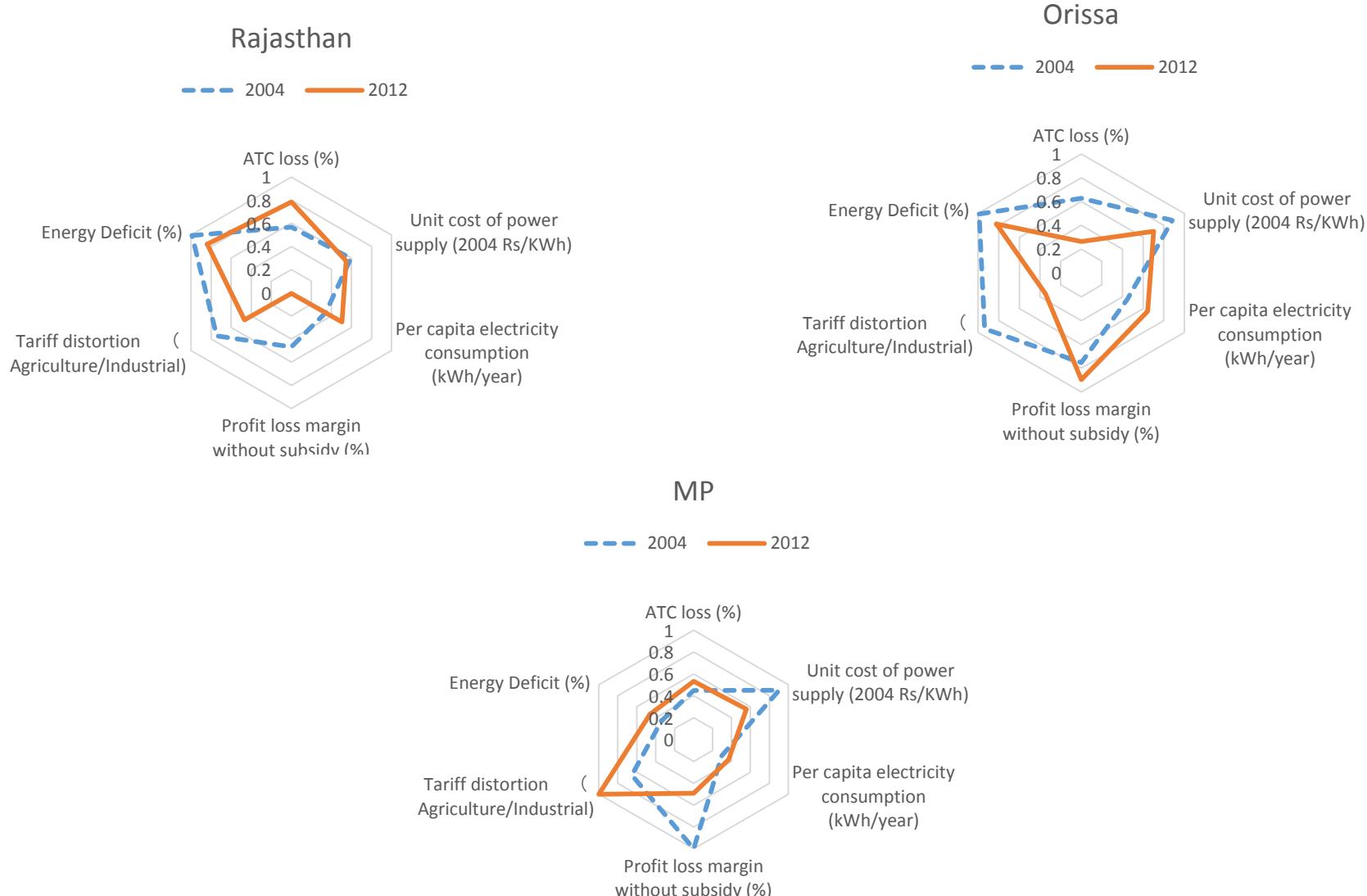
# 電力消費は少ないが経営良好



# 貧困州



# 停滞・改革疲れ？



# 成果指標よりみえてくること

□インフラとしては整備が少しづつ進展

□配電会社の経営改善に成功した州は少なく、経営が  
破綻しているものが大半  
※政策として「破綻」させている州もある？

□州間の格差が拡大

□正否をわける要因

- 電力調達コストの上昇、料金改革の遅れ
- 形式のみのアンバンドリング？
- 規制委員会の機能不全？
- 改革疲れ？

## 4. 電力改革のインパクトに関する実証分析

# 世銀による「電力改革」の指標

「政治的圧力から遮断され、合理的判断が可能な環境にあるか？」

## □電力事業体のガバナンス(Corporate Governance indexes)

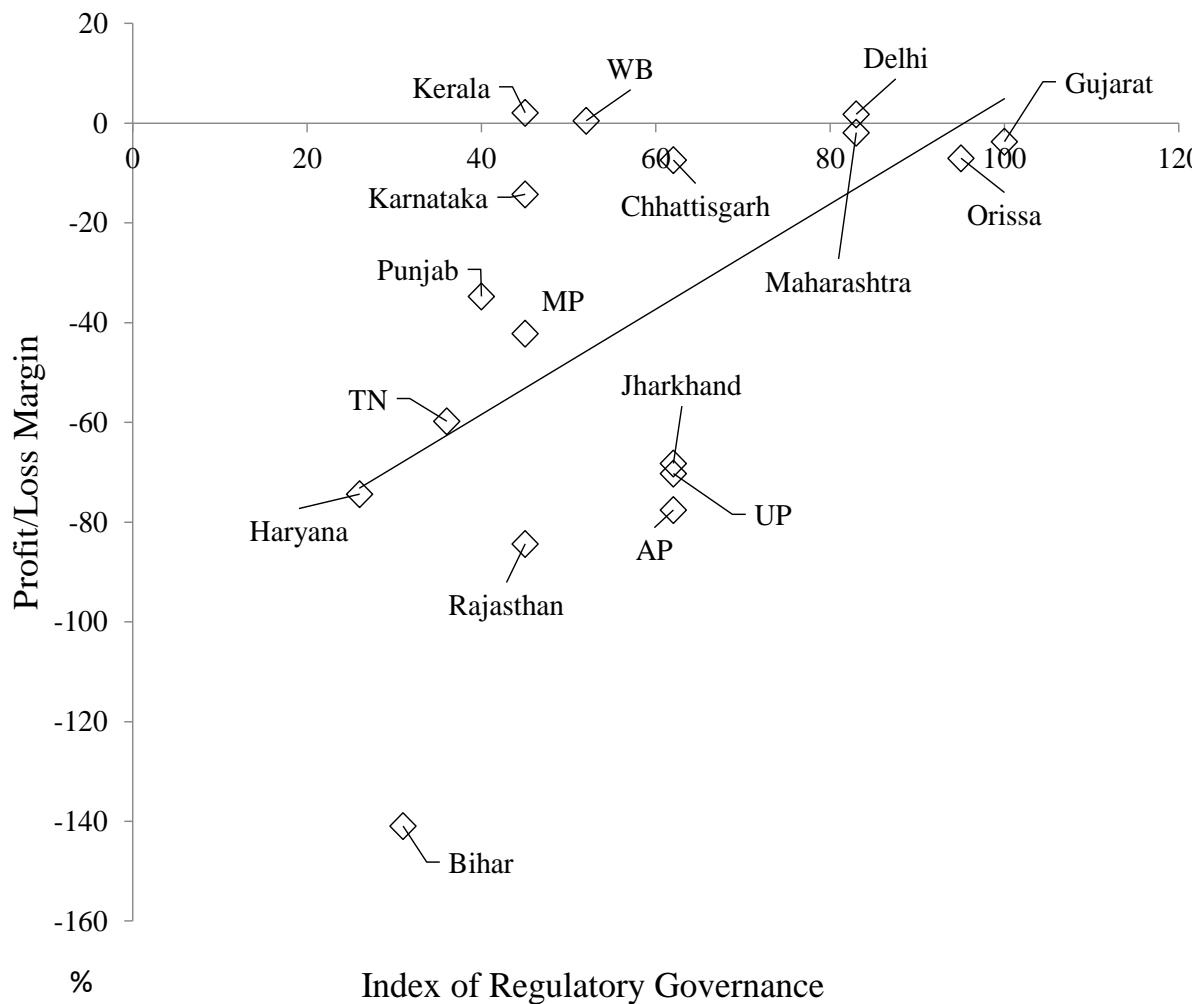
①Boardの構成(ex.独立系・政府系Director数)、②Boardの機能(ex.会議の頻度とラグ)、③監査委員会の構成と資格(ex.人数)

→本分析には独立系Directorの比率を使用

## □規制委員会のガバナンス(Regulatory Governance indexes)

①自律性(財源・メンバーの任期)、②能力(専門家数・ITシステム活用状況)、③透明性(公聴会・報告書etc.)  
→本分析にはこれらをアグリゲイトした指標を使用

Figure 11 Regulatory Governance and the Financial Status of Utilities



Source: Author's calculation using data from Pargal and Mayer(2014) and PFC (2014).  
Note: Data of the utilities directly selling electricity to consumers only.

# 実証分析の枠組み

## □従属変数: *Outage\_Loss*

企業*i*の停電による損失の推計値(年間売り上げ比)・オリジナルデータは世界銀行“The India 2014 Enterprise Survey Data set”

## □説明変数

企業レベル: *Firm\_Size, EPZ\_Dummy, Megacity\_Dummy*, 各産業ダミー

州レベル: *Corporate\_Governance, Regulatory\_Governance, Profit\_Margin, AT&C\_Loss, Electricity\_Balance*

※*Corporate\_Governance, Regulatory\_Governance*指標は先行研究で有意となったものを採用

## 停電の背景

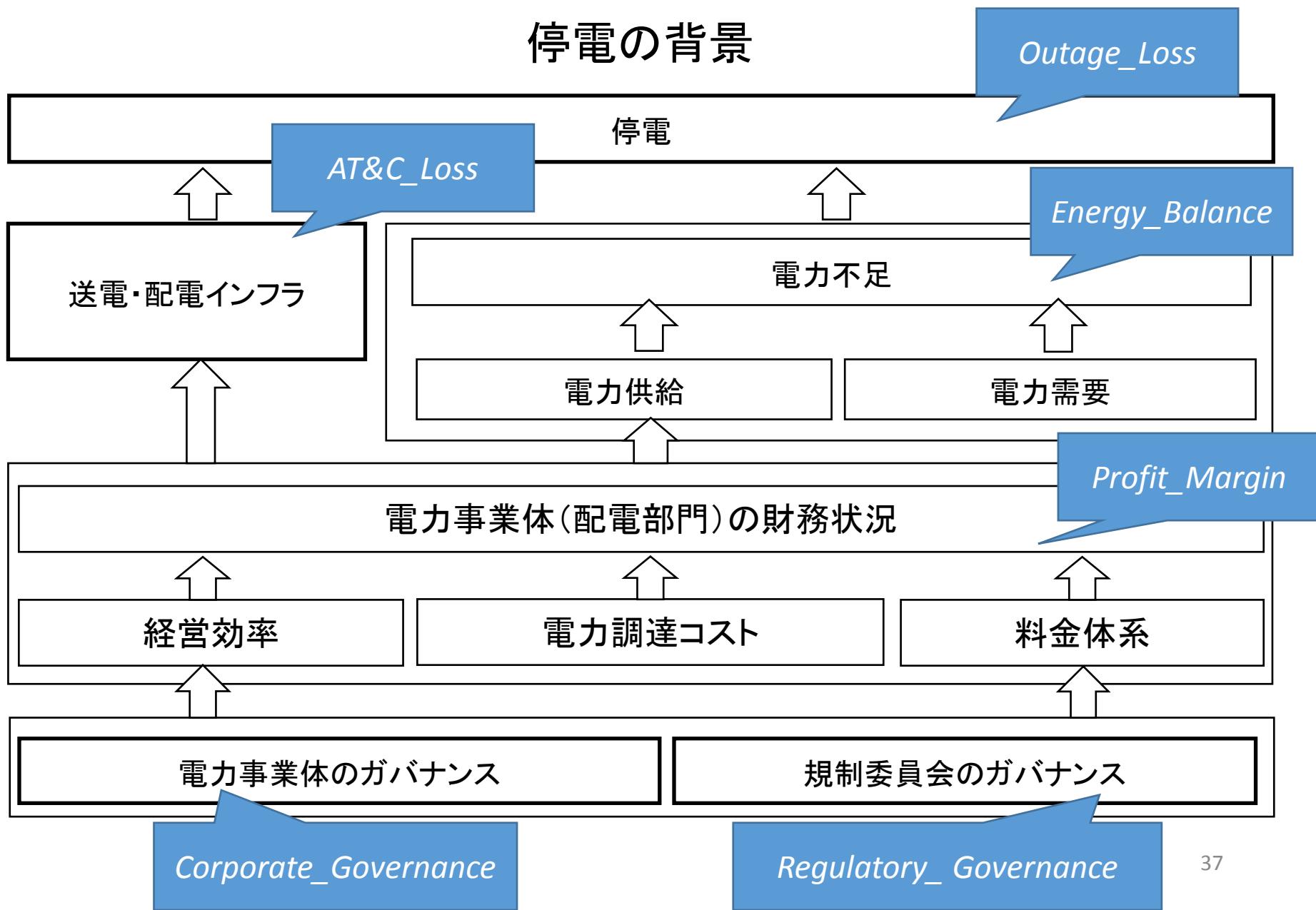


Table 2 Definition of Variables

Name	Data level	Definition	Source	Type	Obs.	Mean	Max	Min	S.D.	
Power_Outage	Establishment	Estimated loss as percentage of total annual sales due to power outage (%)	World Bank "The India 2014 Enterprise Survey Data set" ( <a href="http://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/2225">http://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/2225</a> )	Numeric	6676	3.20	100	0	6.52	
Firm_Size		The number of permanent, full-time workers end of last fiscal year		Numeric	7854	115.3	9999	2	364.3	
EPZ_Dummy		Dummy for the establishment located in EPZ or industrial park (Equal to zero if the establishment is located in either)		Binary	7859	0.57	1	0	0.50	
Megacity_Dummy		Dummy for mega city (Equal to zero if the establishment is located at the City with population over 1 million )		Binary	7859	0.45	1	0	0.50	
Corporate_Governance	State	The share of the independent director, who is not associated with utility, government, or owner	World Bank "India Power Sector Review" ( <a href="http://data.worldbank.org/data-catalog/india-power-sector-review">http://data.worldbank.org/data-catalog/india-power-sector-review</a> )	Numeric	11	13.1	33	0	14.0	
Regulatory_Governance		The index of institutional design of state-level regulation in terms of SERC Autonomy, Capacity, Transparency and Accountability,		Numeric	17	57.3	100	26	22.0	
Profit_Margin		The ratio of profit to the total revenue without subsidy from state governments. Taking average value of the utilities selling to the consumers directly in the state. (%)		PFC(2014)	Numeric	17	-0.35	0.02	-0.85	0.34
AT&C_Loss		The ratio of profit to the total revenue with subsidy from state governments. Taking average value of the utilities selling to the consumers directly in the state. (%)		PFC(2014)	Numeric	17	27.7	54.6	10.5	12.9
Electricity_Balance		Electricity balance = (Available electricity - Requirement electricity) / Requirement electricity (%)	CEA(2013)	Numeric	17	-7.7	-0.2	-17.6	6.5	

Table1 Statewise Description of the Loss due to Power Outage

	Number of observation	Mean (%)	Standard Deviation	Max (%)	Number of observation with value 0 %
Andhra Pradesh	548	5.55	6.87	60	62
Bihar	297	10.02	12.09	60	87
Chhattisgarh	280	0.28	0.87	5	244
Delhi	470	0.41	1.76	25	401
Gujarat	472	0.00	0.00	0	472
Haryana	298	2.78	3.59	30	49
Jharkhand	242	7.71	11.30	50	100
Karnataka	558	1.60	1.72	20	138
Kerala	408	3.88	4.44	20	138
Madhya Pradesh	329	1.41	2.65	20	189
Maharashtra	606	0.56	1.48	10	492
Orissa	203	3.70	4.19	30	19
Punjab	395	6.38	7.49	60	103
Rajasthan	281	1.69	3.01	20	138
Tamil Nadu	445	7.93	11.71	100	98
Uttar Pradesh	377	3.30	6.66	90	59
West Bengal	467	1.25	2.54	20	276
Total	6676	3.20	6.52	100	3065

Table 3 Correlation Matrix

	Power_Outage	Corporate_Governance	Regulatory_Governance	Profit_Margin	AT&C_loss	Electricity_Balance	Firm_Size	EPZ_Dummy	Megacity_Dummy
Power_Outage	1.00								
Corporate_Governance	-0.27	1.00							
Regulatory_Governance	-0.25	0.37	1.00						
Profit_Margin	-0.34	0.43	0.59	1.00					
AT&C_Loss	-0.09	0.13	-0.14	0.17	1.00				
Electricity_Balance	-0.31	0.52	0.57	0.78	0.30	1.00			
Firm_Size	-0.02	-0.05	-0.11	-0.03	0.03	-0.06	1.00		
EPZ_Dummy	-0.06	-0.01	-0.05	0.02	-0.07	0.03	0.06	1.00	
Megacity_Dummy	-0.06	0.44	0.34	0.28	-0.17	0.33	-0.03	0.02	1.00

Table 4 The Impact of Corporate Governance

	Eq (1)			Eq (2)			Eq (3)		
	Coefficient	Standard Error		Coefficient	Standard Error		Coefficient	Standard Error	
Corprate_Governance	-0.343	(0.035)	***	-0.152	(0.031)	***	-0.049	(0.029)	*
Profit_Margin				-0.138	(0.01)	***			
Electricity_Balance							-0.842	(0.06)	***
AT&C_Loss							0.296	(0.047)	***
Firm_Size	0.000	(0.001)		0.000	(0.001)		-0.001	(0.001)	
Megacity_Dummy	0.051	(0.709)		-0.263	(0.686)		1.633	(0.706)	**
EPZ_Dummy	-1.467	(0.661)	**	-0.273	(0.644)		0.085	(0.635)	
Constant	5.054	(1.404)	***	-3.479	(1.377)	**	#####	(2.054)	***
Number of observation	4,790			4790			4790		
Log pseudolikelihood	-538288			-521145			-516663		

Note

Dependet variable: *Power\_Outage*

left-censored observations at outage\_loss&lt;=0: 2298

uncensored observations: 2492

right-censored observations: 0

"\*\*\*", "\*\*" and "\*" denotes statistical significance at the 1%, 5%, and 10% level correspondingly

Table 5 The Impact of Regulatory Governance

	Eq (3)		Eq (4)		Eq (5)	
	Coefficient	Standard Error	Coefficient	Standard Error	Coefficient	Standard Error
Regulatory_Governance	-0.244	(0.017) ***	-0.167	(0.015) ***	-0.144	(0.015) ***
Profit_Margin			-0.096	(0.008) ***		
Electricity_Balance					-0.504	(0.042) ***
AT&C_Loss					0.045	(0.02) **
Firm_Size	-0.001	(0.001) *	-0.001	(0.001) **	-0.001	(0.001) ***
Megacity_Dummy	1.739	(0.542) ***	1.687	(0.541) ***	1.869	(0.545) ***
EPZ_Dummy	-0.673	(0.639)	-0.465	(0.606)	-0.202	(0.599)
Constant	14.696	(1.139) ***	7.462	(1.131) ***	3.682	(1.322) ***
Number of observation	6,671		6671		6671	
Log pseudolikelihood	-628273		-616174		-614179	

Note

Dependet variable: *Power\_Outage*

left-censored observations at outage\_loss&lt;=0: 3060

uncensored observations: 3611

right-censored observations: 0

# まとめ

- “配電会社のガバナンス(経営の独立性)”と“規制委員会のガバナンス(自律性・能力・透明性)”の改善は、電力供給の質を高める(停電によるダメージを減少させる)  
→「改革」の実態が、成果の差異を州間にもたらしている
  
- 配電会社の営業損失は、電力供給の質を低下させる  
→手厚い補助金政策は電力供給の質と両立していない

# 課題

- 世銀指標の一部のみ使用
- 電力事業体や規制委員会の「ガバナンス」に差異をもたらす要因として、経済構造や政治的状況などが挙げられるが、その分析は行われていない