

中国における大気汚染対策の「大躍進」 —脱石炭化の光と陰—

- ①はじめに
- ②近年改善著しい中国の大気環境
- ③中国の大気汚染対策の進展とその内容
- ④「気荒」をもたらしたポピュリズムの暴走（環境「大躍進」）
- ⑤急進化する脱石炭化の評価
- ⑥まとめ

九州大学大学院経済学研究院 堀井伸浩

horii@econ.kyushu-u.ac.jp

はじめに

近年中国の大気汚染対策に大きな進展＝「北京で冬でも青空」
→背景に石炭からガス・再生可能エネルギーへの大々的な転換
(排煙脱硫脱硝装置、超低排出基準、FIT、煤改気・煤改電)
まずは大規模集中排出源対策、概ね2015年に完了
その後、分散小型排出源(散煤)対策にシフト、2017年～



しかし2017年に深刻なガス不足(気荒)発生、人々寒さに凍える。
他にも、風力・太陽光は世界最大の発電量となった一方、系統接続が進まない問題(棄風・棄光)や、2018年5月にはFITの買取価格引き下げ方針公表



現場で何が起こっていたのか、急進的な脱石炭化は環境改善としては結果を出した。でも経済効率性は？

近年改善著しい中国の大気環境

【中国の大気環境の変遷(単位:%、万トン)】

【旧基準】

年	2級レベル	3級レベル	3級未満	煤塵 排出量	工業粉塵 排出量	自動車由来の 煤塵排出量
2003	45.6	33.2	21.2	1,048.7	1,021.0	
2004	47.5	37.6	14.9	1,094.9	904.8	
2005	51.9	37.5	10.6	1,182.5	911.2	
2006	56.6	34.9	8.5	1,088.8	808.4	
2007	72.0	25.8	2.2	986.6	698.7	
2008	81.5	17.9	0.6	901.6	584.9	
2009	84.3	15.4	0.3	847.2	523.6	
2010	85.0	13.8	1.2	829.1	448.7	
2011	85.9	9.8	1.2	1,215.7		62.9
2012	88.0	7.1	1.5	n.a.		n.a.

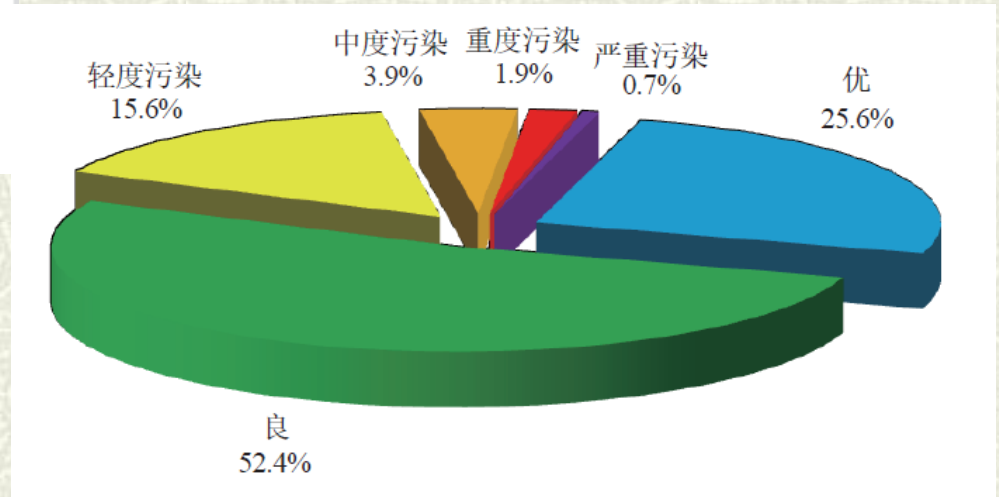
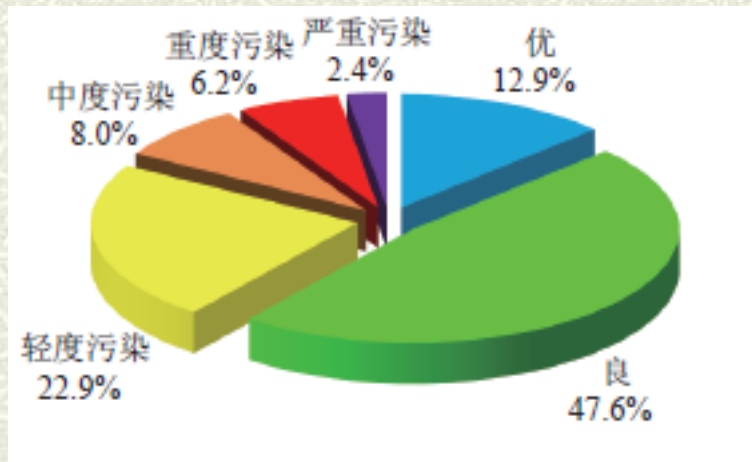
【新基準】

	2013	2014	2015	2016	2017
SO ₂	86.5	89.2	95.9	98.7	100
NO ₂	39.2	48.6	31.4	54.1	52.7
PM ₁₀	14.9	21.6	28.4	37.9	43.3
PM _{2.5}	4.1	12.2	16.2	18.9	25.7

(注)いずれも主要74都市の数値 (出所)中国環境状況公報各年版より作成

近年改善著しい中国の大気環境

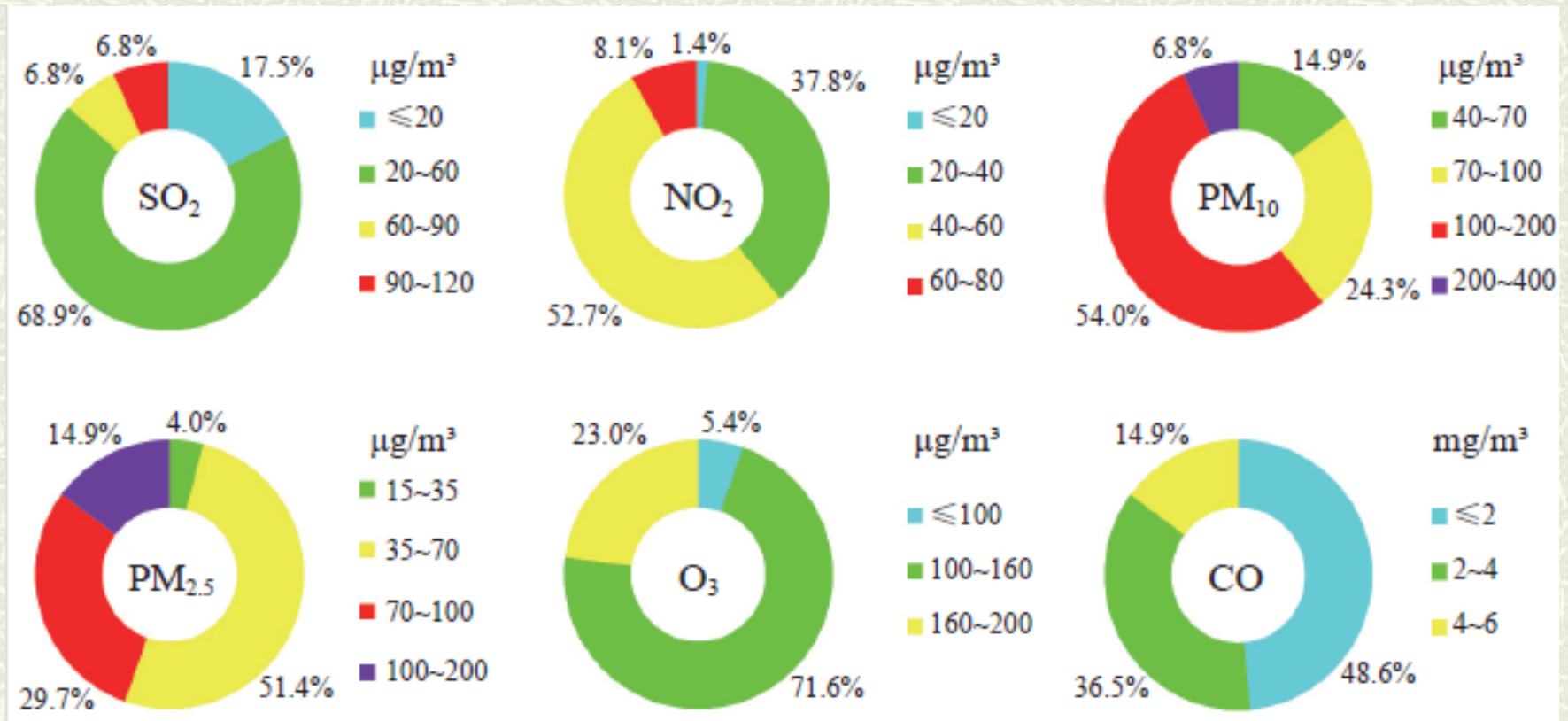
【重点74都市における2013年→2017年の大気環境改善】



(出所) 中国環境状況公報2013年版および2017年版

近年改善著しい中国の大気環境

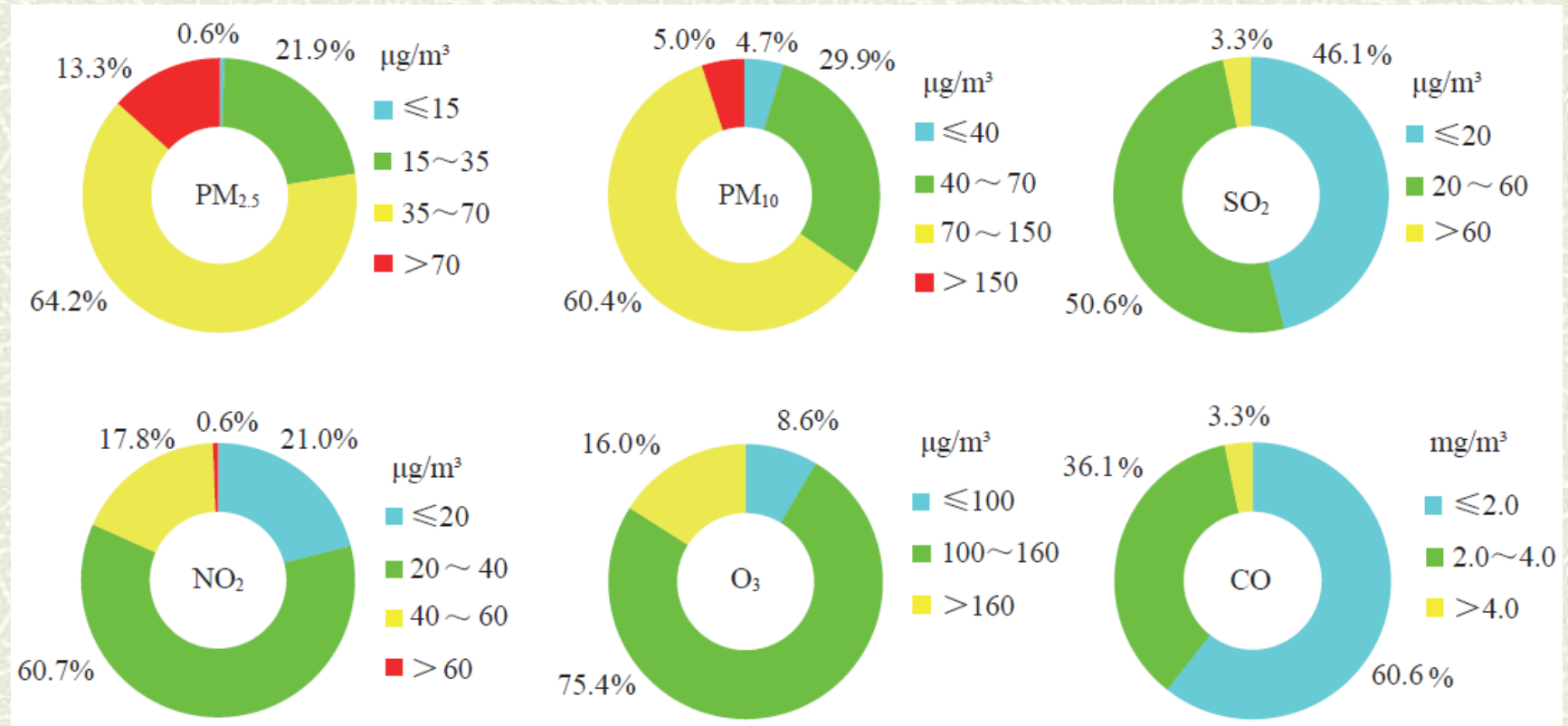
【新基準準拠の74都市の環境状況(2013年)】



(出所) 中国環境状況公報2015年版

近年改善著しい中国の大気環境

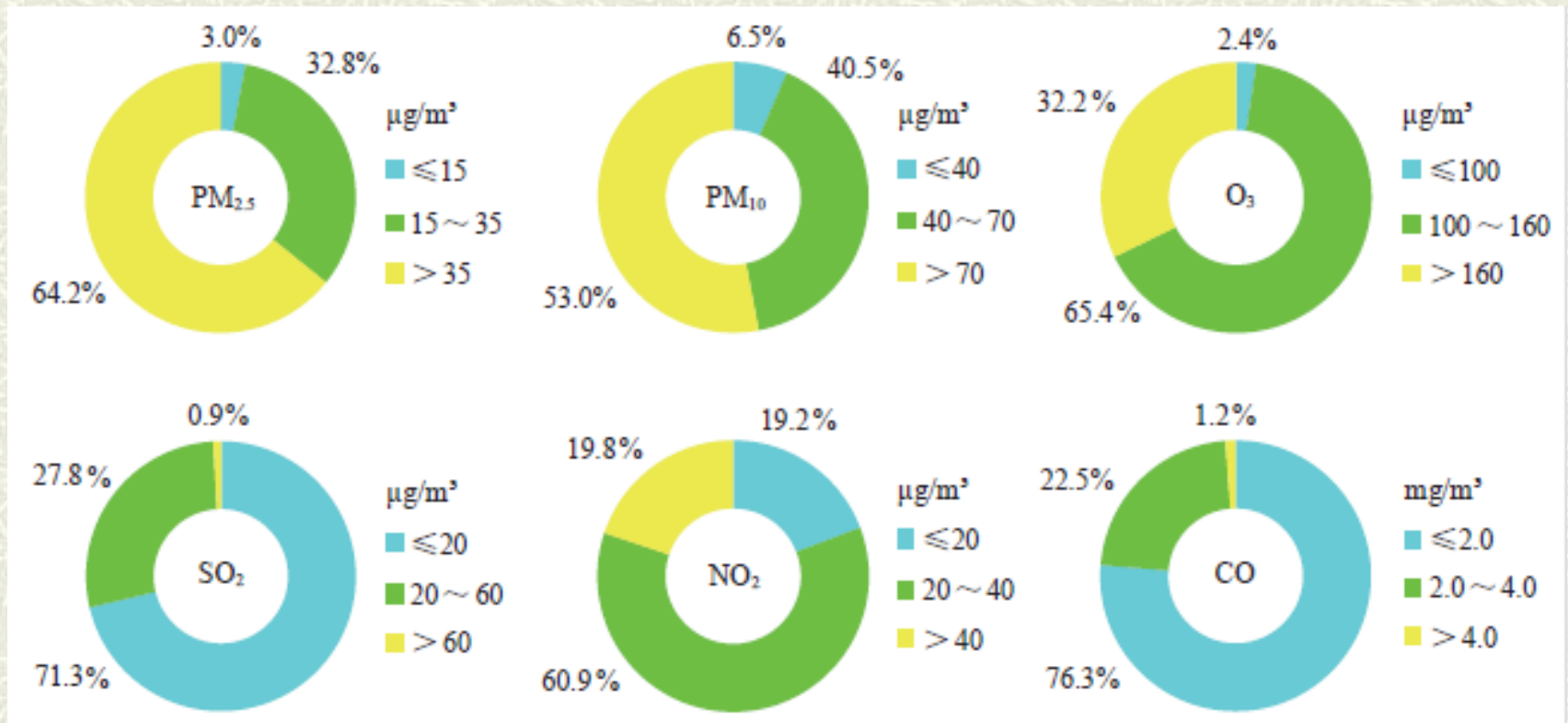
【中国の地級レベル以上の338都市の環境状況(2015年)】



(出所) 中国環境状況公報2015年版

近年改善著しい中国の大気環境

【中国の地級レベル以上の338都市の環境状況(2017年)】



(出所) 中国環境状況公報2017年版

中国の大気汚染対策の進展とその内容

【中国の大気汚染対策の諸政策】

従来は「5カ年計画」の「環境」項目の中で実施。第11次五カ年計画(2006年～2010年)から数値目標掲示。確かに各種大気汚染物質の削減数値目標や「非化石燃料比率」、「CO2原単位」など、石炭に不利な内容はあったが、直接石炭利用を排除する規制はなし。

①2013年9月10日、国務院「**大気污染防治行動計画**」を通知

＝習近平政権成立時であることに注意。2011年、2012年冬にPM2.5問題勃発

→目標:2017年に2012年比で(実際には2013年比が適用)

全国地級市以上の都市でPM10を10%↓

京津冀でPM2.5を25%、長江デルタで同20%、珠江デルタで同15%程度削減

＝対策手段としては「脱石炭化」の強制色濃し。市街区での石炭利用禁止、

小型石炭ボイラー(10t/h以下)の淘汰、石炭比率65%以下、ボイラー・

キルンのガス転換

中国の大気汚染対策の進展とその内容

【2015年時点の中間評価で良好な進捗】

京津冀、長江デルタ、珠江デルタ、成都・重慶では、

NO₂濃度：それぞれ9.8% ↓、11.9% ↓、19.5% ↓、15.8% ↓

SO₂濃度：それぞれ44.9% ↓、30.0% ↓、38.1% ↓、48.3% ↓

PM2.5濃度：それぞれ27.4% ↓、20.9% ↓、27.7% ↓ = 2017年目標を達成！

【効果のあった施策の寄与率(%)】

	重点産業への排出 基準適用 (脱硫脱硝除塵装置)	石炭焼きボイラー 淘汰	産業構造調整	石油製品の品質 改善	建設現場などでの 防塵
SO ₂ 削減	39	29	22		
NO _x 削減	63		20	9	
PM2.5濃度低下	31.2	21.2		21.2	15.2

(出所)「大気汚染防治行動計画中間評価」に関する報道を整理

* 発電向け以外の中小ボイラーは全国で62万台、250万t/h(うち85%が石炭焼き、平均5t/h)で煤塵の40%以上、SO₂の22.2%、NO_xの10.5%を占める。

中国の大気汚染対策の進展とその内容

【脱硫脱硝装置設備メーカートップ10社(2014年末)】

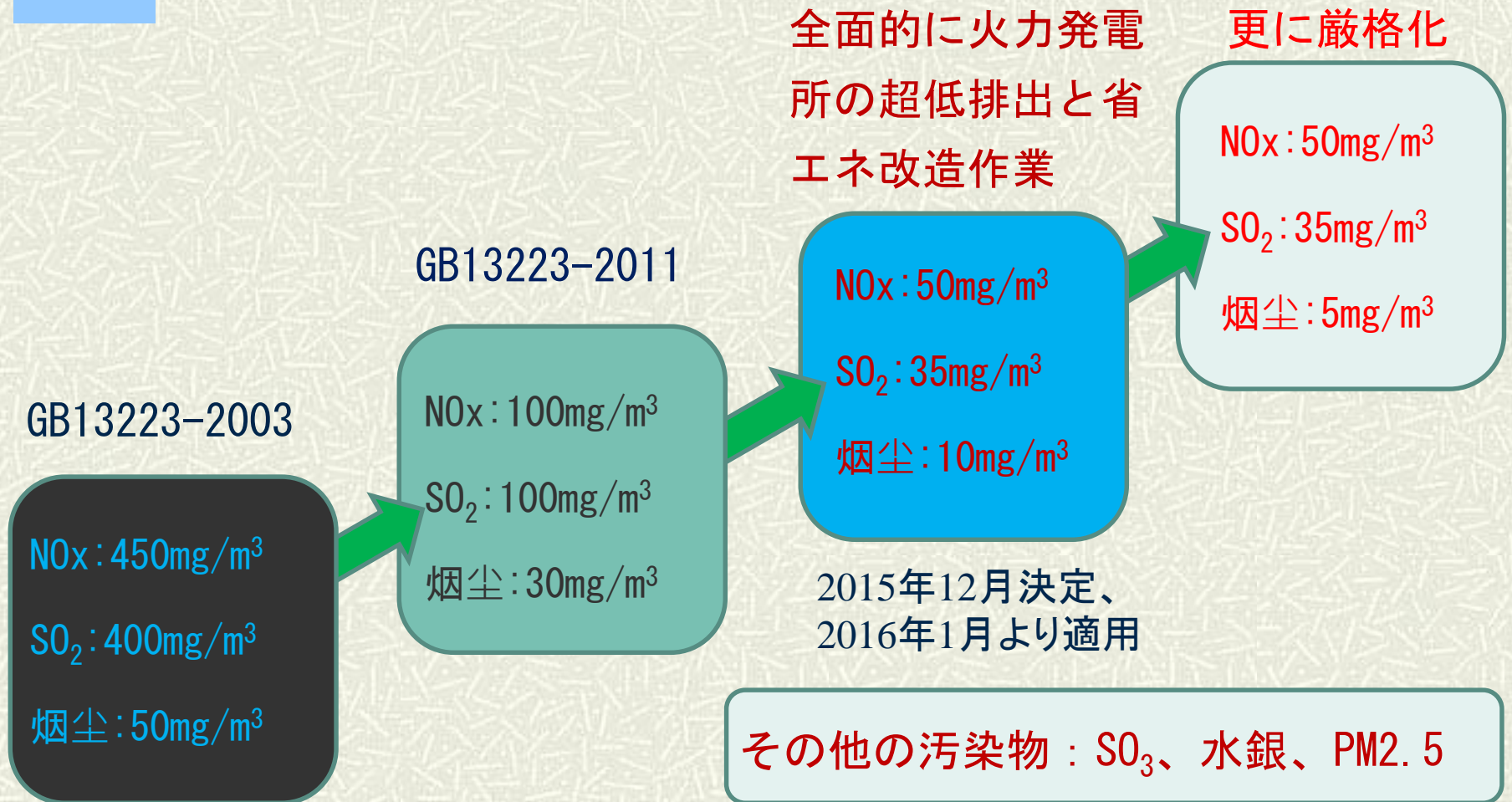
	脱硫装置メーカー	累計導入量 (MW)	シェア (%)		脱硝装置メーカー	累計導入量 (MW)	シェア (%)
1	国電龍源環保工程	99,930	13.1	1	国電龍源環保工程	94,103	13.7
2	北京博奇電力科技	56,236	7.4	2	中国華電工程(集团)	59,800	8.7
3	福建龍淨環保	52,034	6.8	3	大唐科技産業集团	48,415	7.0
4	中電投運環保工程	47,838	6.3	4	中電投運達環保工程	37,180	5.4
5	浙大網新機電工程	47,005	6.2	5	浙江天地環保工程	29,545	4.3
6	武漢凱迪電力環保	43,970	5.8	6	東方電氣集团東方鍋炉	26,258	3.8
7	中国華電工程(集团)	38,382	5.1	7	江蘇科行環保科技	22,135	3.2
8	山東三融環保工程	31,470	4.1	8	福建龍淨環保	20,670	3.0
9	浙江天地環保工程	27,070	3.6	9	同方環境	20,295	3.0
10	同方環境	26,512	3.5	10	西安西熱鍋炉環保工程	12,260	1.8

合計7.6億kWに導入済、石炭火力の
92.1%

合計6.87億kWに導入済、石炭火力の
83.2%

(出所) 中国電力企業联合会

中国の大気汚染対策の進展とその内容



中国の大気汚染対策の進展とその内容

②2017年3月23日、「京津冀および周辺地区2017年大気汚染防治工作方案」を通知(対象地区を指して、「2+26都市」工作方案と呼称

＝全体として、「大気汚染防治行動計画」の最終年として目標達成を徹底させる狙いが濃厚。対策の内容は概ね「行動計画」と一致、但し、多少対策の範囲と深度を拡張。例えば、

- 1) 冬季の暖房による汚染への対策を重点対策と初めて位置づけ。暖房熱供給のクリーン化に焦点。
- 2) 淘汰対象の石炭ボイラーの規模は10t/hで変更なし、但し、省都では対象地域を都市部から郊外・農村まで拡大。
- 3) セメント・鑄造・レンガキルンなどは冬季に生産調整。重要4都市では冬季は鉄鋼生産も生産能力の50%以下に生産抑制、電解アルミも30%以上の生産抑制を行う。

←しかしこうしたダメ押しを行う必要はあったのか？

中国の大気汚染対策の進展とその内容

【2016年時点の「大気汚染防治行動計画」の目標達成状況】

同行動計画は2013年より開始、5年後の2017年に2012年比で

- 1) 全国地級市以上の都市でPM10を10%↓
- 2) 京津冀でPM2.5を25%、長江デルタで同20%、珠江デルタで同15%程度削減
- 3) うち北京市についてはPM2.5年平均濃度を60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度まで削減

実際は...

PM2.5: 京津冀地域106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ →71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (33.0%)、長江デルタ

67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ →46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (31.3%)、珠江デルタ47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (31.9%)と目標を既に大幅に超過達成。

北京市のPM2.5濃度については73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、2017年の目標達成には17.8%の改善を行う必要があった。

(但し、この時点で北京市も18.4%の改善状況。元々目標が過大)



環境基準の達成という観点からは「2+26都市工作」方案はほぼ蛇足では？

中国の大気汚染対策の進展とその内容

③「北方地区における冬季クリーン暖房計画(2017-2021年)」

現状(2016年末)	暖房面積206億 m^2 (うち都市部141億、農村65億)
	熱源:石炭83%=4億トン(標準炭換算)
	クリーン暖房面積比率34%=約70億 m^2
	ガス暖房22億 m^2 、電気暖房4億 m^2 、クリーン石炭集中暖房35億 m^2 、地熱5億 m^2 、バイオマス2億 m^2
2019年目標	クリーン暖房面積比率50%=103億 m^2 、2006年比47%↑
	重点都市(「2+26」都市):市区90%以上、県城以上70%以上、農村40%以上
	重点都市以外:市区60%以上、県城以上50%以上、農村20%以上
2021年目標	クリーン暖房面積比率70%=144億 m^2 、2019年比40%↑
	重点都市(「2+26」都市):市区100%、県城以上80%以上、農村60%以上
	重点都市以外:市区80%以上、県城以上70%以上、農村40%以上
	熱源:
	ガス暖房18億 m^2 ↑=ガス230億 m^3 ↑ 電気暖房15億 m^3 ↑ クリーン石炭集中暖房40億 m^2 ↑ 工業余熱利用:2億 m^2 ↑

「大気汚染防
治行動計画」
の駆け込みで
はない!

新政策導入の
結果

中国の大気汚染対策の進展とその内容

以上、文字ばかりで分かりにくいので、

中国の大気汚染対策の流れをまとめると、

2013年以前 5カ年計画で大枠を決めて個別具体的な対策は指示せず

2013年～2016年 大規模集中排出源対策を推進

→明瞭な汚染削減効果＝成功

2016年～現在 分散した小型排出源対策(「散煤」に重点シフト)

(④2018年 「**藍天保衛戰**」で2020年までの「散煤」対策の数値目標明示)

「散煤」とは？

民生生活用 2.34億トン キルン2.36億トン ボイラー2.2億トン (2015年)

＝石炭消費5割を占める石炭火力の処置は完了、残り5割のうち半分弱

「散煤」vs石炭火力 1トン当たり石炭消費

SO₂ 7倍 NO_x 1.2倍 PM_{2.5} 5倍

「気荒」をもたらしたポピュリズムの暴走 (環境「大躍進」)

【「大気汚染防治行動計画」最終結果】

全国PM10 47-305(118)→23-154(75) 36.4%

京津冀PM2.5 106→64 39.6%

長江デルタPM2.5 67→44 34.3%

珠江デルタPM2.5 47→34 27.7%

北京市PM2.5 89→58 34.8%

(単位はそれぞれ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



ということで、完全に超過達成。

2016年の状況で北京市以外は産業用ボイラーの淘汰(ガスボイラーへの転換)も必要なかったことになるが、行動計画の規制もあり、2017年に断行



しかし2017年冬に北方地区でガス転換したはいいが、肝心のガスが供給されず、あるいは暖房温度抑制が蔓延、寒さに凍える地域が続出。ガス暖房を急いで設置したものの、その後電気暖房も追加設置するような例も頻発。

「気荒」をもたらしたポピュリズムの暴走 (環境「大躍進」)

【各地環境保護局公表のボイラー淘汰台数・容量(2017年)】

	台数	容量		台数	容量
北京	1,500	4,633	湖北	2,492	8,218
天津	10,838	-	湖南	503	1,419
河北	39,700	58,000	広東	1,334	-
山西	11,000	-	広西	179	-
内モンゴ	729	2,375	海南	101	356
遼寧	6,968	-	重慶	-	124
吉林	6,329	-	四川	2,264	-
黒竜江	4,652	-	貴州	578	-
江蘇	11,761	-	雲南	1,754	-
浙江	8,686	-	チベット	157	-
安徽	807	1,466	陝西	11,000	-
江西	500	-	甘肅	4,123	24,581
山東	15,704	15,766	青海	-	983
河南	2,914	-	寧夏	1,640	-

ボイラーについては行動計画で規制された10t/h以下を超えて、地域によっては35t/h以下のボイラーまで淘汰(しかも突然2017年9月になって省長からのトップダウンで断行)

ex. 河北省の当初目標4,500t/h

* 他に民生生活用では、600万世帯の煤改気・煤改電(当初予定は300万世帯)

(出所) 「中国大気污染防治回顧与展望報告2018」より引用

「気荒」をもたらしたポピュリズムの暴走 (環境「大躍進」)

【2017年の深刻なガス不足(気荒)をもたらしたポピュリズム】

背景に反腐敗運動の一環として進められた行政の体質改造
＝例えば各地の環境保護局には別の地方の環境保護局の職員が派遣され、ピアレビューの行政査察が展開

→ex. 河北省では大気汚染への取り組みが不十分として1,563名の官僚が処分

「2+26都市」工作方案の各地の目標設定方式

＝中央の常務委員が座長のワークショップを開催、各地を横並びで競わせて、他と比べて目標の低い地方の代表はその場で責め立てられた、とされる。



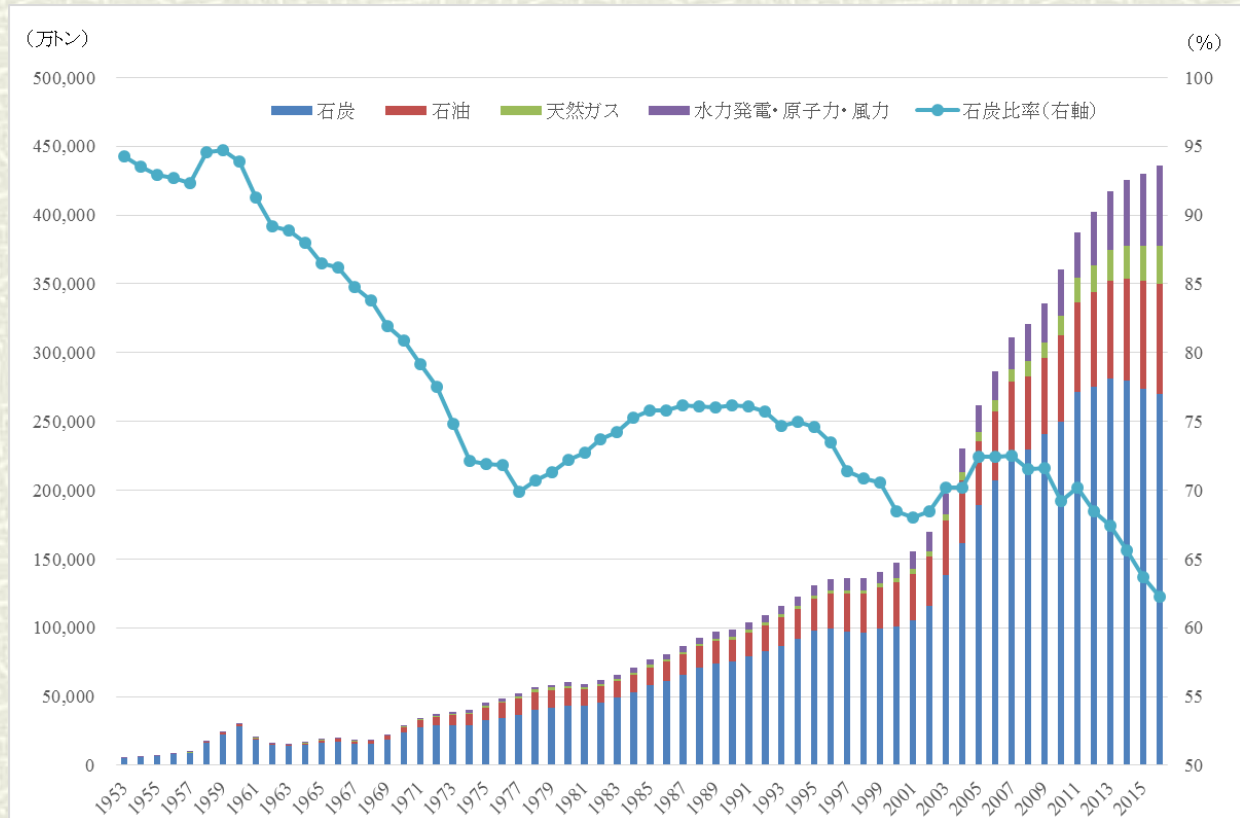
強い中央のイニシアティブの下、戦々恐々とする各地方が自己保身で無理を重ねて目標上振れ。更に実施過程では目標を上回る煤改気が進行。
かつての「大躍進」と中央－地方の権力構造も含めて類似あり



結局12月に生態環境部が未完成の煤改気停止呼びかけ

急進化する脱石炭化の評価

【中国の一次エネルギー消費量と石炭比率の推移】



エネルギー需要全体の成長スピードが減速。
 特に石炭消費は2014年～2016年はマイナス成長
 2014年▲0.6%、2015年▲2.0%
 2016年▲1.3%、2017年0.4%
 2018年 生産5.2%↑ 輸入3.9%↑

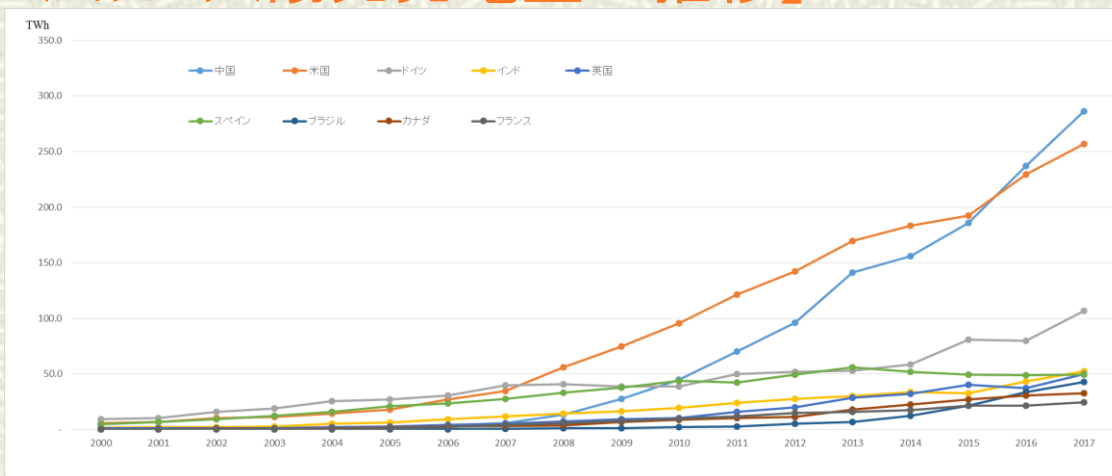
その結果、
 脱石炭化が急速に進展
 2007年72.5%
 2015年63.7%、2016年62.3%
 2017年60.6%
 2018年59%前後

(出所)『中国能源統計年鑑』各年版から作成。

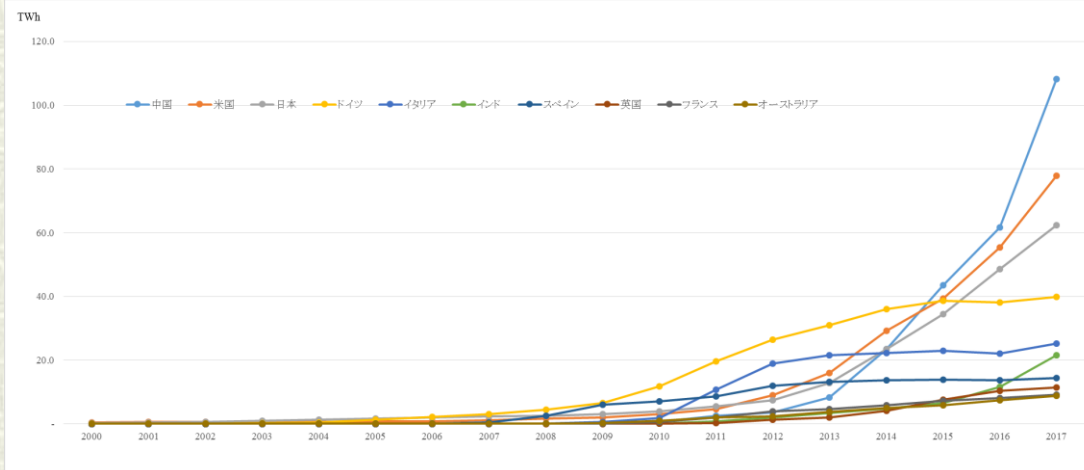
急進化する脱石炭化の評価

【中国の風力・太陽光発電量の推移】

【風力】



【太陽光】



(出所) BP統計より作成

急進化する脱石炭化の評価

- 経済性の高い石炭からガス・電気への転換は**補助金完全依存**。ガスボイラーの設備投資は全面カバー。住宅用のガス料金も暖房用途分（年間1000m³）は中央政府と地方政府で半額補助、電気料金は優遇価格を適用した上で、更に3分の2を補助。それでも石炭を使用した暖房よりも3割程度割高。持続可能なのか？

【民生生活用暖房システムの経済性比較】

	蓄熱式電気暖房システム	温風器	エアコン	オイルヒーター	ヒートポンプ	集中暖房(石炭)	ガス温水暖房	クリーン石炭	「散煤」
エネルギー価格	0.3元/kWh	0.49元/kWh	0.49元/kWh	0.49元/kWh	0.49元/kWh		3元/m ³	1.3元/kg	0.7元/kg
年間エネルギー消費量	1728kWh	1800kWh	1440kWh	1872kWh	2863.6kWh		600m ³	838kg	1363kg
年間エネルギー消費金額(元)	518.4	882	705.6	917.28	1403.1		1800	1090	954.1
暖房面積(m ²)	25	25	25	30	96.8		90	80	78
m ² 当たり年間運転費用(元/m ²)	20.74	35.28	28.22	30.58	14.5		20	13.63	12.23
設備投資(元)	1900	350	2000	700	21000		14000	720	120
m ² 当たり年間総コスト(元/m ²)	30.24	39.66	38.22	33.5	41.6	25	39.45	14.75	12.42

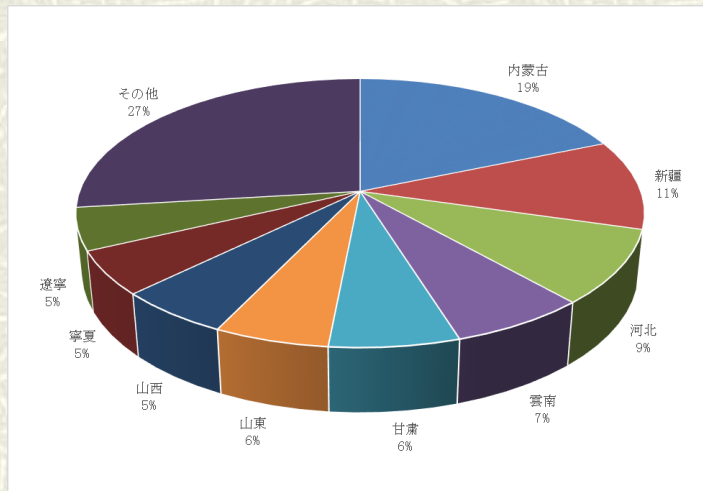
急進化する脱石炭化の評価

- 煤改電には室内汚染防止の意義はありそう。しかし政策の持続可能性には電気料金を下げることが肝要。
- にもかかわらず、政府は再エネ導入拡大を続ける姿勢。2018年5月に買取価格引き下げ表明、同年11月には各省の電力消費に一定比率の再生可能エネルギー導入目標(RPS)を割り当て、再生可能エネルギーの優先購入や送電線の同時敷設、導入量の多い地域での石炭火力の投資制限、さらには石炭火力の負荷調整運転を義務付け。
- **風力・太陽光は安くない！** 卸売価格で石炭火力と比べて、
風力は最もコストの低い内蒙古でも3割強、
コストの高い南方地域では4割程度割高
太陽光はコストの低い西部地域でも2.6倍(石炭が更に安い)
南方地域では2倍割高
加えて送電コストが相当かさむ。風力・太陽光の**系統接続の遅れには理由**がある。

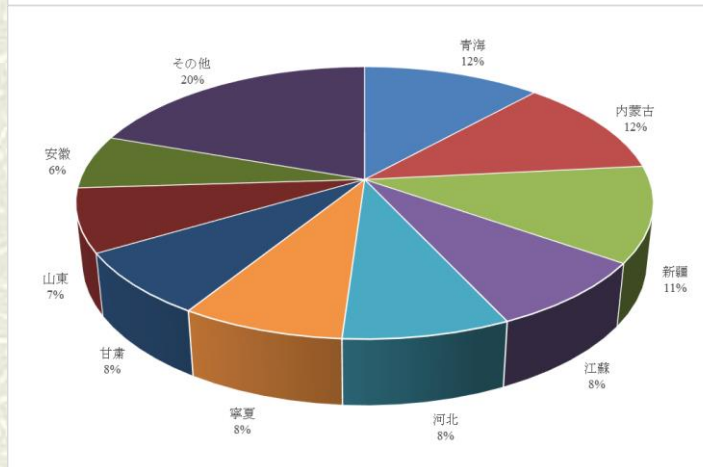
急進化する脱石炭化の評価

【省別風力・太陽光発電量構成】

【風力】



【太陽光】



写真

写真

急進化する脱石炭化の評価

- そもそも現状では再エネ導入コストはどんぶり勘定。太陽光導入に対して支払われるべき補助金の未払い金は2017年末に455億元に達し、2018年末には700億元を超えたとされる(再生可能エネルギー全体では2017年末時点で1127億元)。
- 補助金の原資は電気利用者から徴収する再生可能エネルギー電力価格賦課徴収金であるが、2013年に設定された0.019元/kWhが低すぎる(ちなみに日本の同様の制度である再エネ発電促進賦課金は2017年度は2.64円=0.16元であるから、中国は日本と比べて8分の1以下) =FIT買取価格の引き下げは中国でさえ経済性の面で立ち行かなかったことの帰結。但し、他の国と異なり、国有企業が吸収していたため顕在化しにくかった。今後はRPSへ切り替えてバーストはしない。(他の国よりマシ?)

まとめ

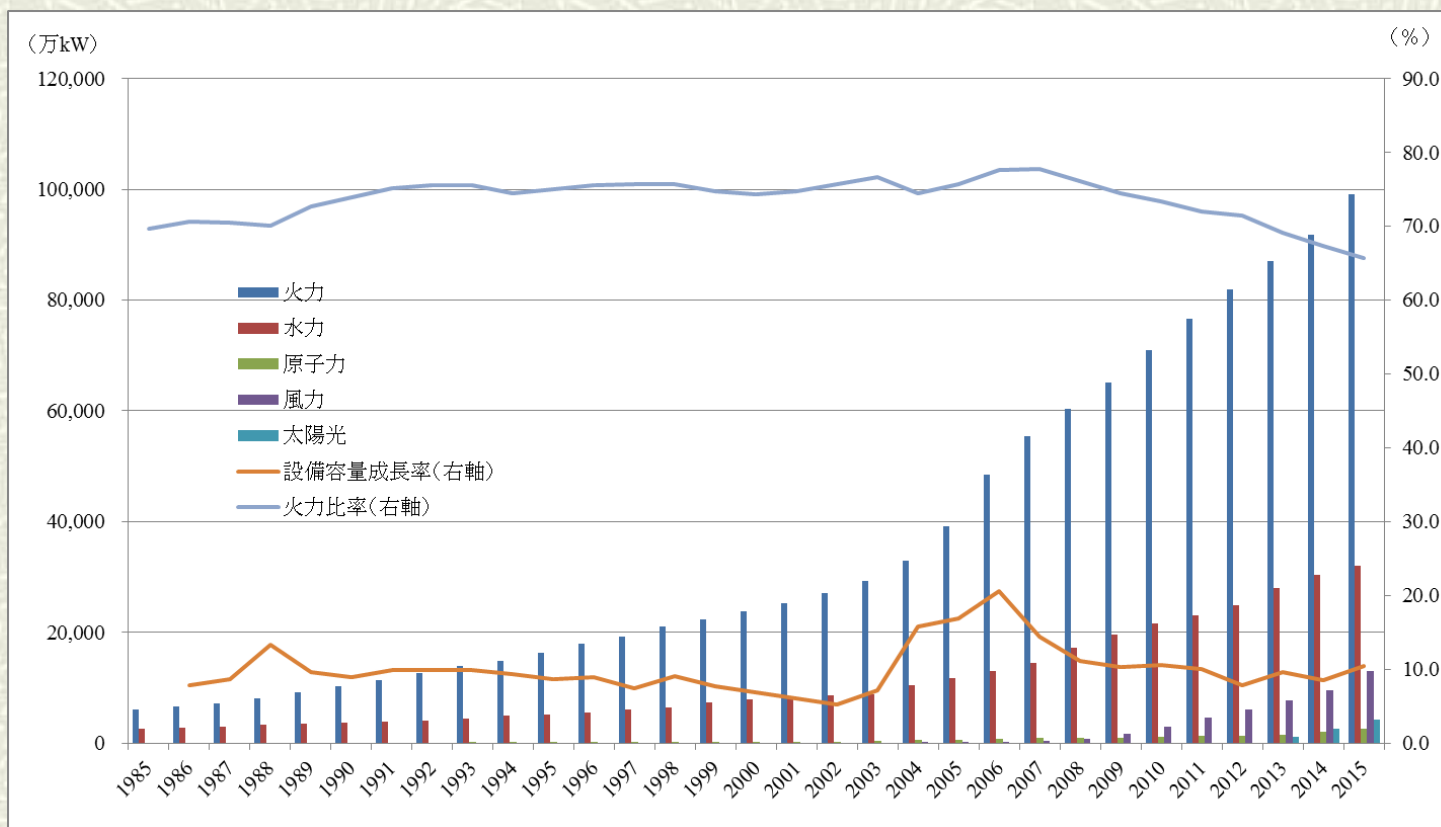
- 中国の脱石炭化を進めてきた一因である環境規制の効果はこれまで相当の効果を上げてきた。2013年までの規制は石炭をクリーンに、持続可能に利用するシステムの導入を促すもので望ましいものであった。
- しかし2013年以降は、直接的に石炭の利用そのものを制限する措置がPM2.5対策として推進されてきた。2013年を画期として大気汚染対策の内容が変化、強大な中央政府の権力構造にポピュリズムの暴走が加わって、経済性度外視の環境「大躍進」が展開。
- 環境基準の目標達成だけを求めるべきで、手段(石炭ボイラーの淘汰などをどうするか)は企業に判断させるべき。2017年の経済性を度外視した対策の急進展は社会に高いコストを強いて、持続可能性にも懸念。

まとめ

- 煤改電による室内汚染問題の解決には一定の合理性がありそう。でもそのためには電気料金を低く抑えることを目指すべき。そうすると、再エネに前のめりになりすぎるのではなく、しっかりと対策を施した**石炭火力をフルに使うって電気料金を低くするのが合理的**。でも現実の対応は、石炭火力の投資は年々低下傾向、再エネ優先で出力抑制。その結果、発電コストは上昇傾向が明瞭。
- **科学的な全体整合性のある政策が望まれる。**

まとめ

【中国の発電設備容量の推移】

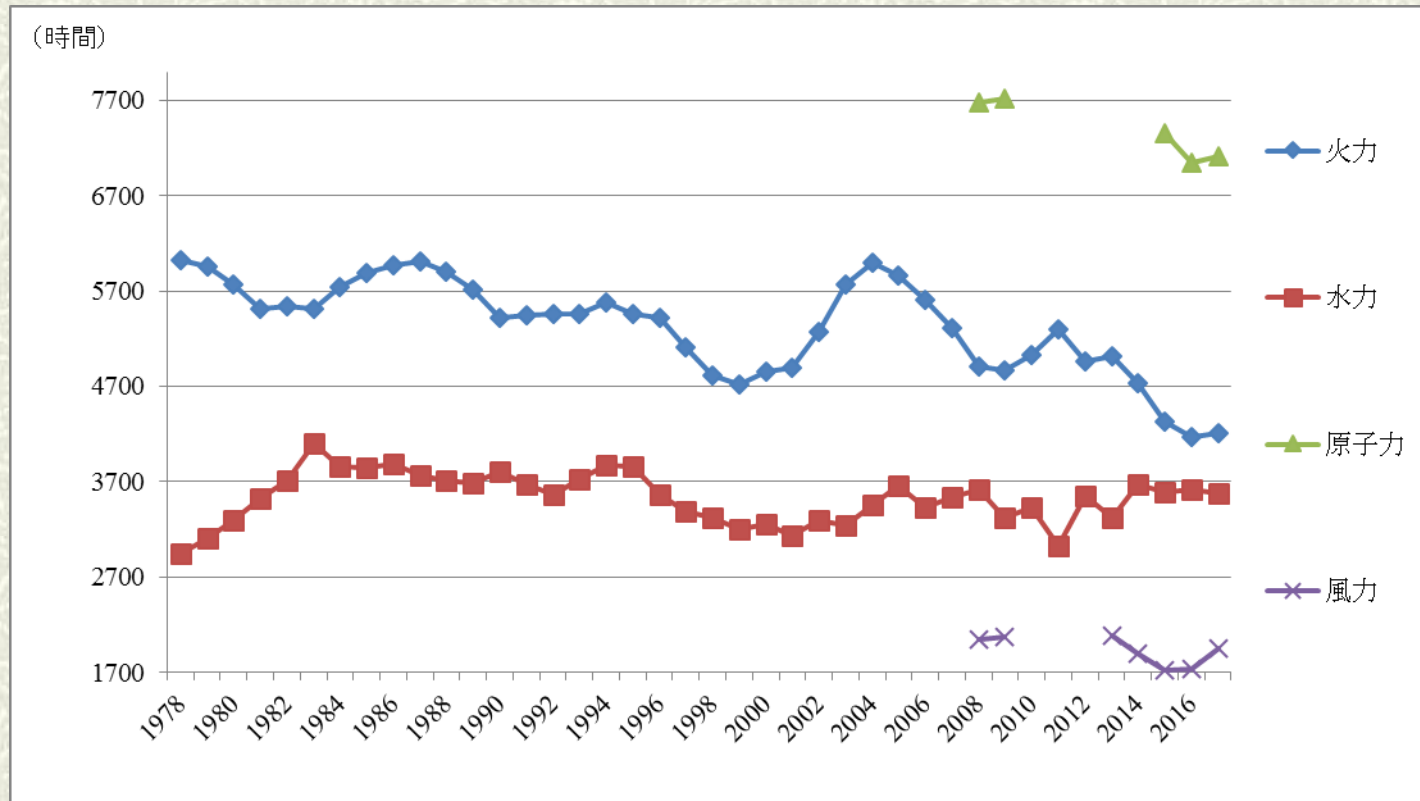


火力比率:
2007年
77.7%
↓
2015年
65.7%
↓
2018年
60.2%

(出所) 中国電力企業联合会資料より作成

まとめ

【中国の電源別発電設備平均稼働時間の推移】



(出所) 中国電力企業联合会資料より作成