



大氣污染技術と模索

中節能合天融環保科技有限公司
朱 彤





中国の大気汚染の特徴

第一部

大気汚染の防止対策

第二部

中国の省エネへの取り組み

第三部

第一部 中国の大気汚染の特徴

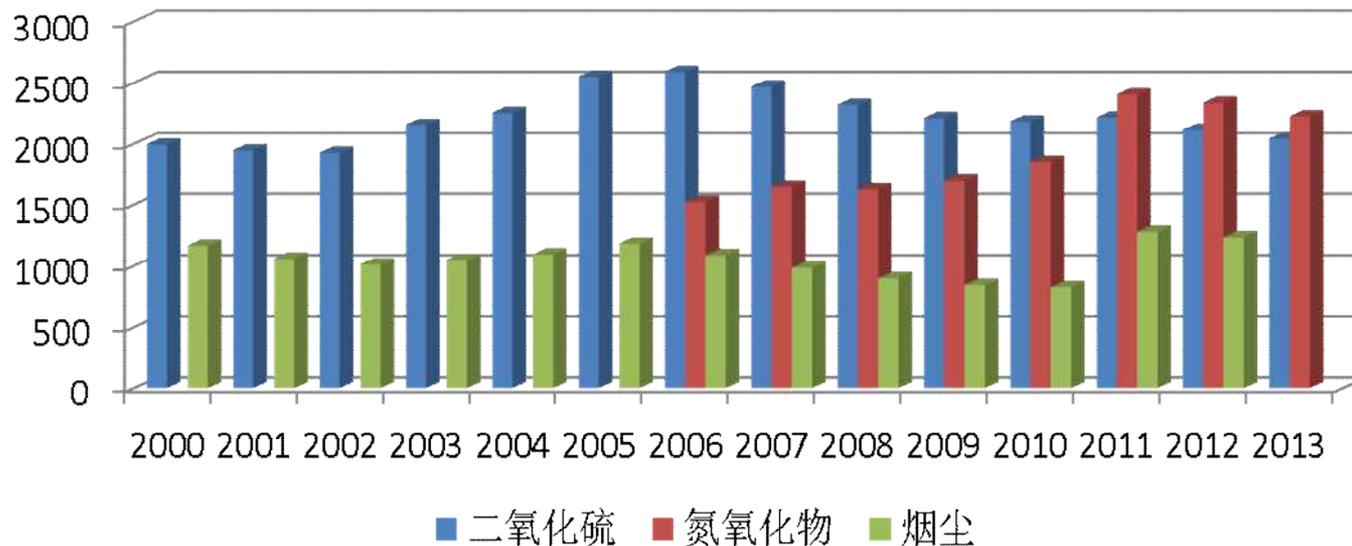
資源の消費を主体とした粗放な経済成長が深刻な汚染を招き、様々な環境問題を集中的に引き起こしている。



大気汚染物質の構成と排出源の複雑性

1

構成と発生源



二酸化硫黄の排出量は年々減少傾向にあるが、NO_xの総排出量は2006年の1,523.8万トンから2013年には2,227.3万トンに増加、煙塵の総排出量も2000年の1165.4万トンから2012年には1234.3万トンまで増加した。

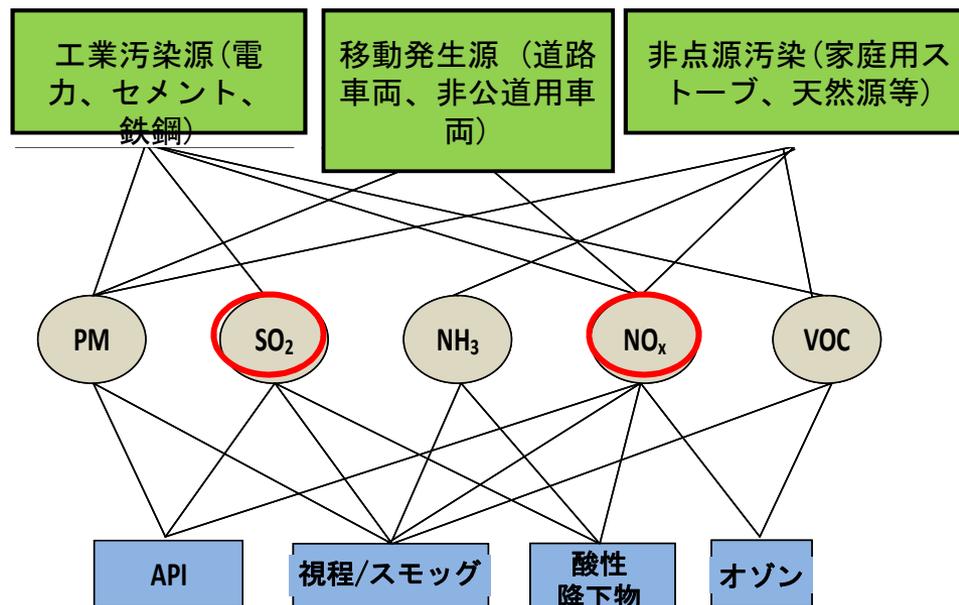


大気汚染物質の構成と排出源の複雑性

1

構成と排出源

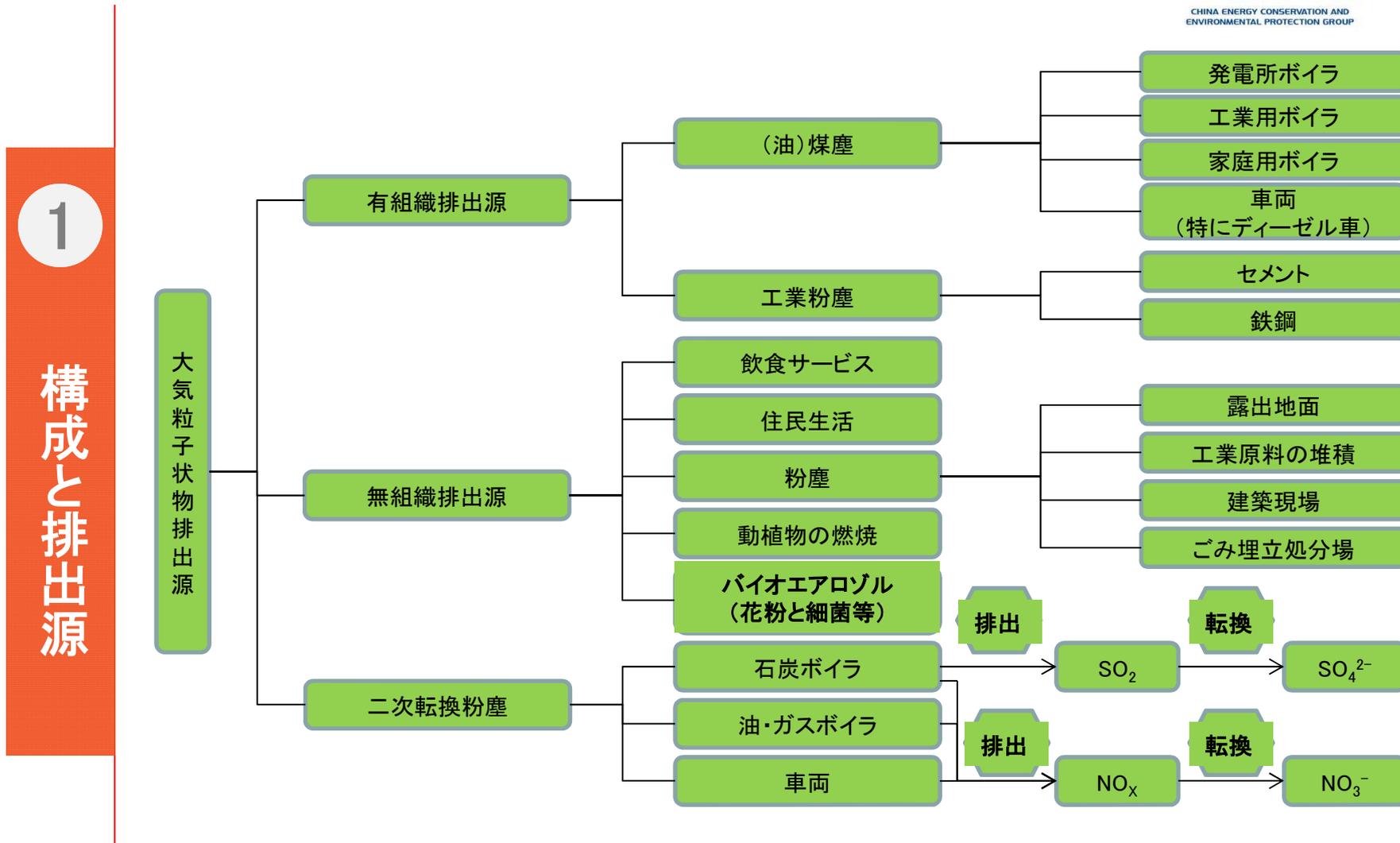
汚染物質の排出源は工業・農業・交通・生活および二次汚染など多岐におよぶ。多くの汚染源で複数種類の排気ガスが排出されており、先進国よりも複雑な大気汚染が進行している。



中国の大気汚染は総浮遊粒子状物（TSP）、微小粒子状物質（PM_{2.5}）、吸入性粒子状物質（PM₁₀）、窒素酸化物（NO_x）、揮発性有機化合物（VOC）、オゾン（O₃）、大気中の重金属等の汚染物質が同時に存在する複合汚染の状況にある。



大気汚染物質の構成と排出源の複雑性





主要大気汚染物質のPM10からPM2.5への移行期間が先進国より大幅に短い

2

移行期間

先進国の大気汚染対策と比較すると、中国は工業化と都市化が同時に且つ急速に進み、短期間で世界2位の経済体となった。そのため、工業による大気汚染と二次粒子による汚染が併発し、二酸化硫黄、NO_x、VOC、オゾンなどの汚染物質も集中的に発生、大気汚染物質が非常に短いスパンでPM10からPM2.5へと移行した。これにより、複雑な大気汚染を引き起こし、対策の難しさに拍車をかけている。





スモッグ1回あたりの影響拡大 汚染範囲と発生期間

3

汚染の範囲と期間

2013年1月、中国では17日間連続してスモッグが発生。環境測定を実施している74都市で、延べ677日間に渡って空気品質指数が「重度汚染」以上を記録した。このうち「重度汚染」が延べ477日、「深刻汚染」が延べ200日に及んだ。74都市のうち、基準値以下であった都市はわずか3都市。データによると、1980年以降、スモッグの発生日数は顕著に増加、2000年以降はさらに急増し、2013年にはスモッグの年間発生日数が35.9日と、1971年の6.7日の5倍を超え、1961年以降の52年間で最高を記録した。北京では、スモッグ発生日数が年々増加、北京環境保護局のデータによると、2013年は4級(中度汚染)以上が105日に達した。



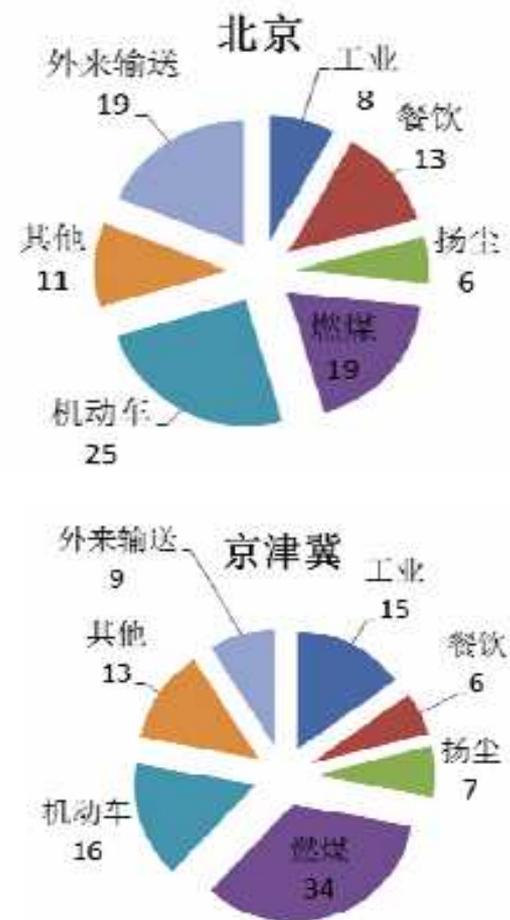


周辺地域への汚染が拡大

4

広がる地域汚染

衛星観測の結果、中国の国土の約30%、8億人近い人口がスモッグに汚染されていることが判明。北京・天津・河北地域、長江デルタ地域および珠江デルタ地域などは特に深刻。この3地域の一部の都市では、二酸化硫黄による汚染範囲が30%-40%に達し、NO_xは12%-20%、浮遊粒子状物質は16%-26%となった。PM2.5による地域汚染および関連地域への汚染が重なり、汚染地域が都市中心部から周辺に拡大、大気汚染対策の予防・抑制を連動させることがさらに難しくなっている。





各地域の汚染原因はなお議論の段階 汚染源分析も研究中

5

汚染源の分析

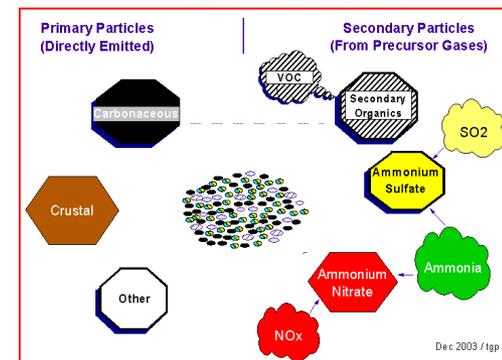
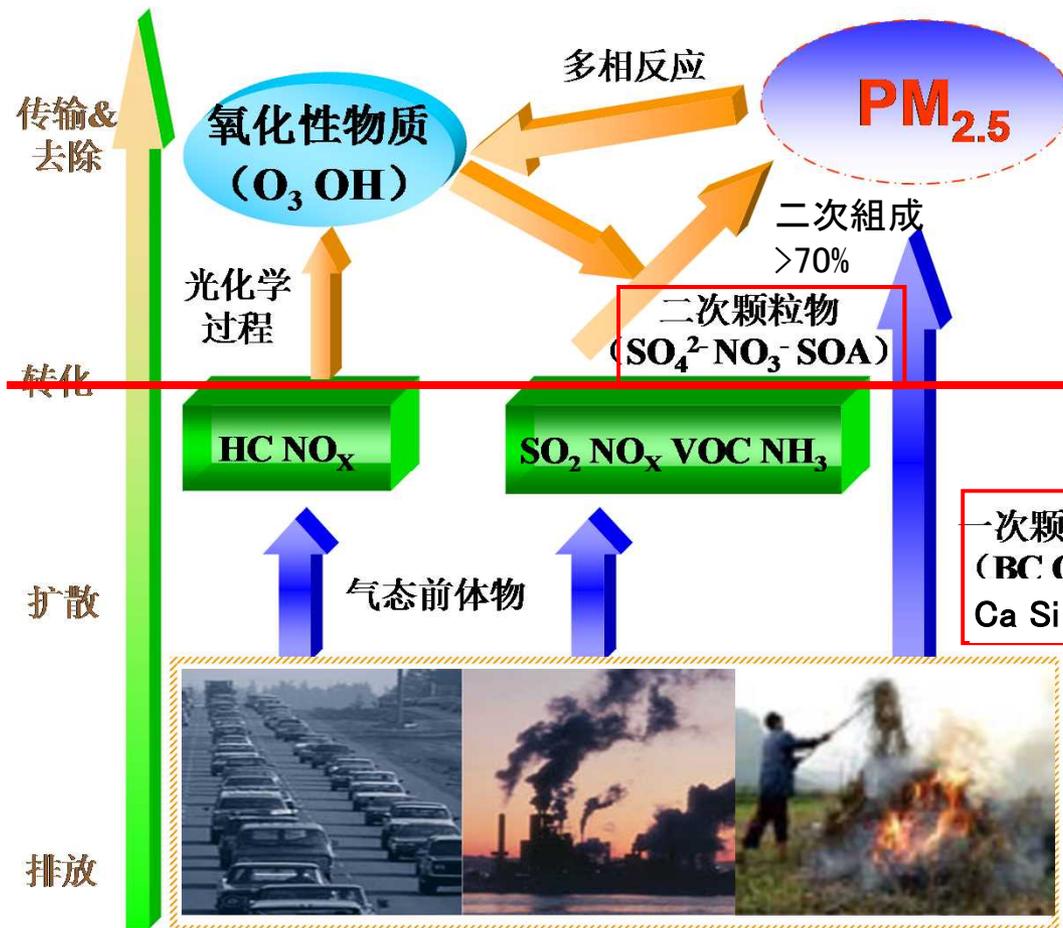
汚染源の分析作業はまだ研究が住んでいないが、考える汚染対策・投入するコストともに、この結果に大きく左右される。中国は国土が広く、地域ごとに地理環境も汚染源も異なるが、大気汚染の研究がいまだ不十分。環境の構成要素は水・土壌・大気の三者であり、互いに影響し合っているが、現時点ではこれら三者の間の汚染関係がはっきりしていない。





中国节能

PM2.5の形成過程



二次生成

一次排出

Complex issues related to PM_{2.5} formation and control:

- 複雑な要素 (Complex elements)
- 排出構成 (Emission composition)
- カップリング反応 (Coupling reactions)
- 相互の影響 (Mutual influence)
- 最先端 (Cutting-edge)
- グローバルな問題 (Global problem)

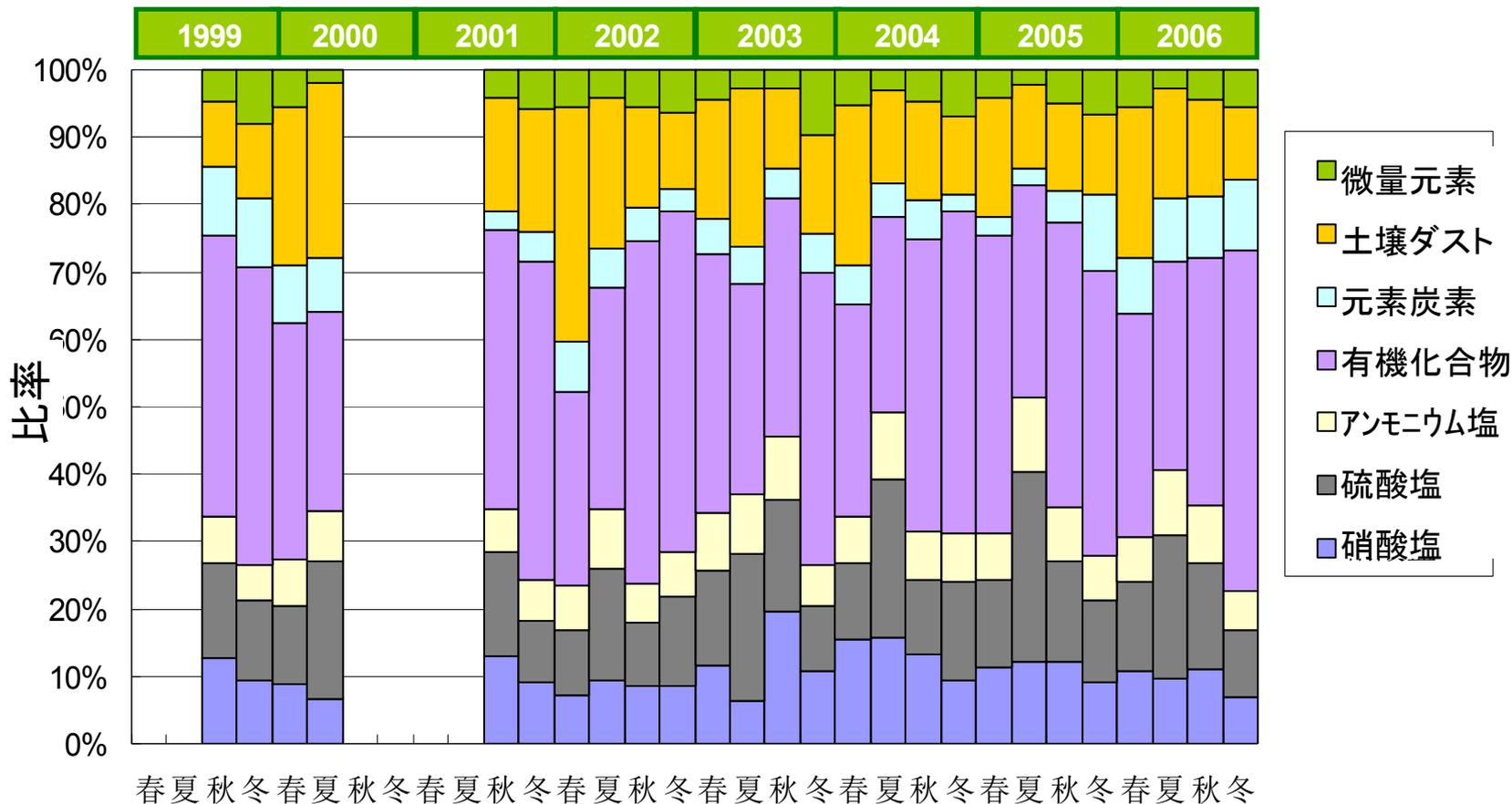
6
PM_{2.5}の分析



北京市 PM2.5の二次生成粒子と 有機化合物含有量の上昇傾向は止まらず

北京市のPM2.5の化学组成的变化(清華站)

6
PM2.5の分析

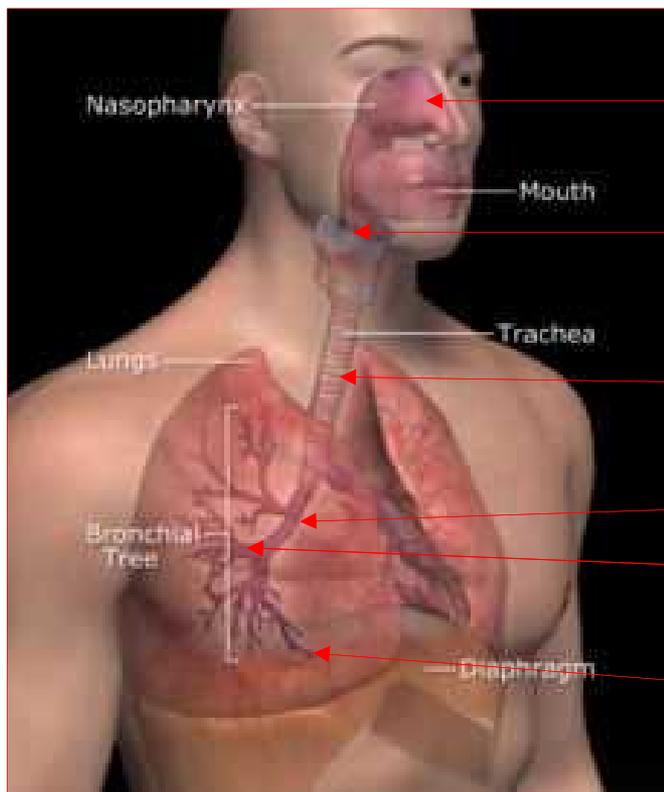




PM2.5による健康被害

7

PM2.5の被害



- 7-10 μm : 鼻腔に侵入
- 4.7-7 μm : 咽喉に侵入
- 3.3-4.7 μm : 気管および気管支に侵入
- 2.1-3.3 μm : 気管支の奥にまで侵入
- 1.1-2.1 μm : 気管支の末端にまで侵入
- 0.65-1.1 μm : 肺胞に侵入

鼻腔を通り抜け、肺に侵入し
血液に流入

研究の結果、PM2.5は体全体に疾病を引き起こす可能性があることが分かった。これが、PM2.5の測定、評価、コントロールが必要とされる最も重要な理由である！



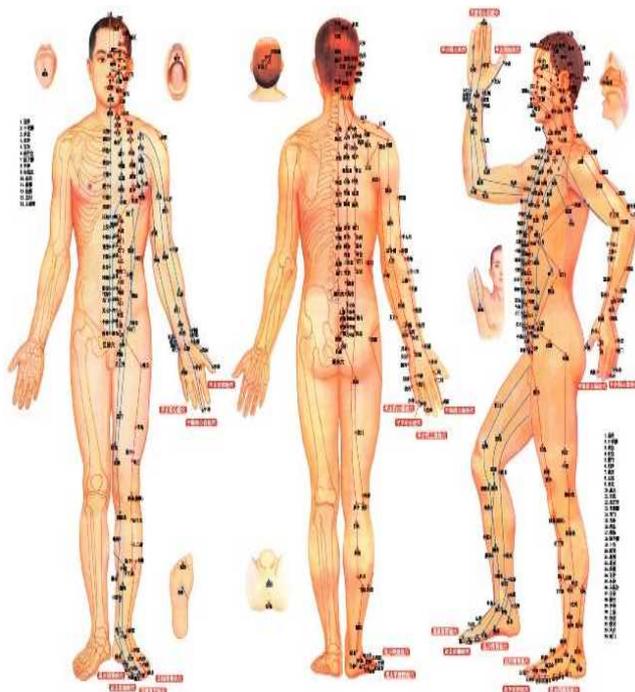
中国节能

CHINA ENERGY CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION GROUP

中国医学の角度から

7

PM2.5の被害



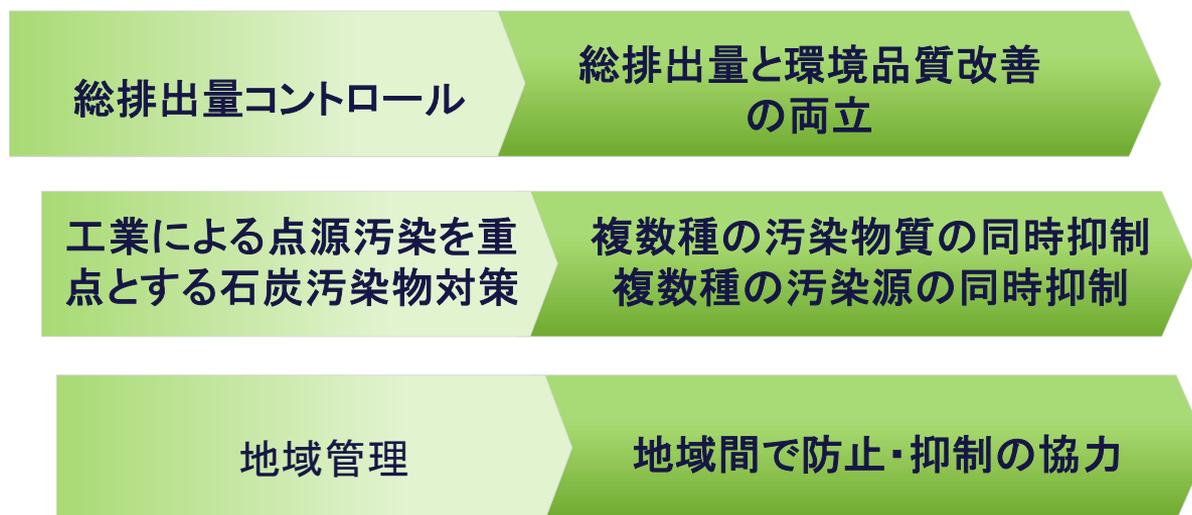
	大環境（天）	小環境（人）
現状	深刻なスモッグ	疾病の低年齢化 高脂血・高血糖・高血圧 脂肪肝
治療	イン プット ↓	排煙の浄化、 循環型経済 等
	アウト プット ↑	？
保健	美しい中国 科学的発展観	調和共存 リラックス

第二部 大気汚染の防止対策

- 政策面
- 技術面



- ◆ 大気汚染防止全体計画をトップダウンで推進
- ◆ 企業の汚染物質の排出コストを引き上げ、企業の自発的取組を促進
- ◆ 車両による汚染の抑制強化
- ◆ 環境汚染処理と環境測定を第三者機関にゆだねる
- ◆ 企業・農家の余剰生産物再資源化を奨励（藁焼きの削減など）
- ◆ 抑制目標・抑制対象・管理のモデルチェンジ





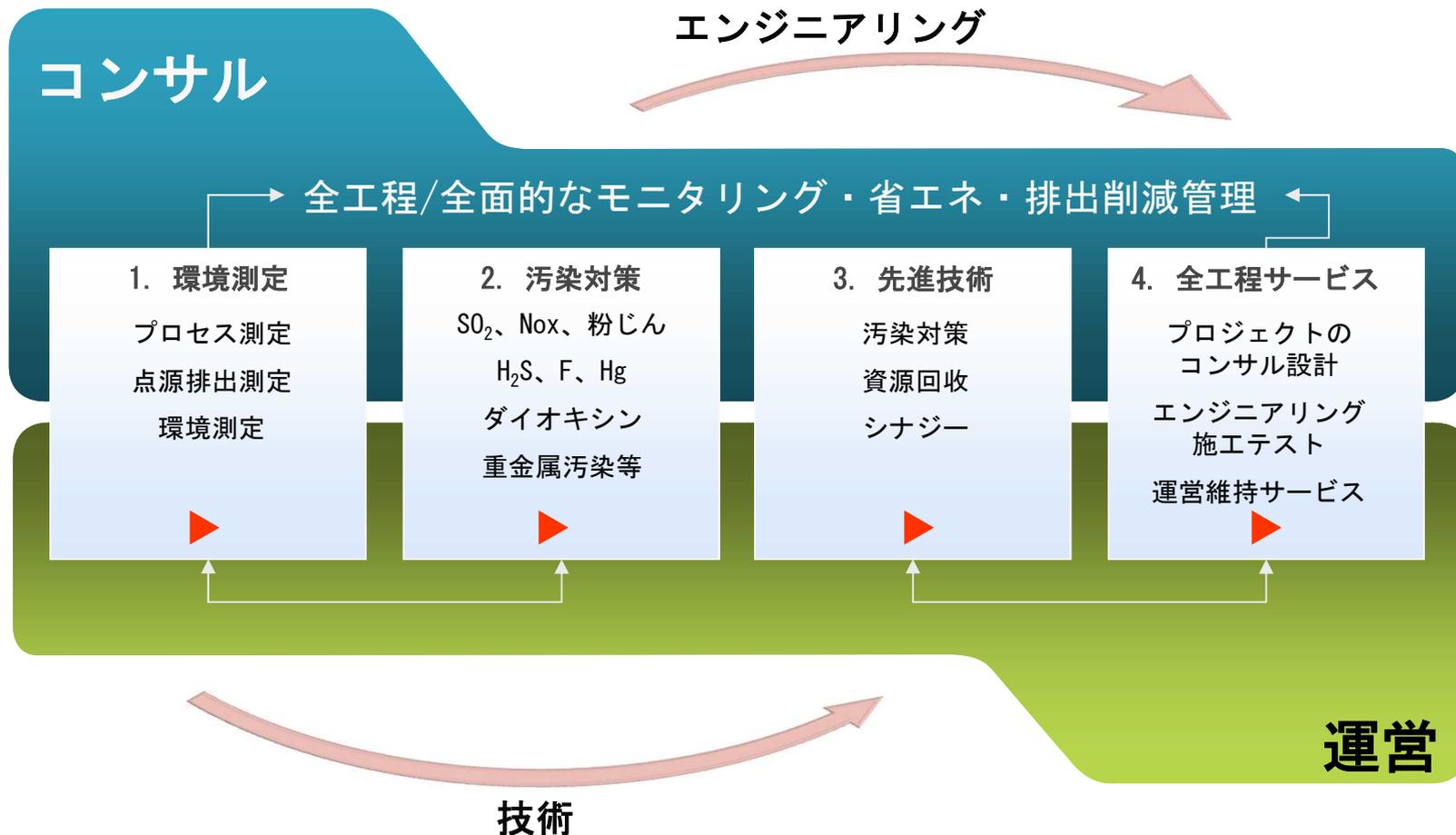
- 大気汚染の原因についての分析、研究を急ぐ
- 石油製品の品質コントロールに注力。車両の排ガス浄化後処理技術の応用を推進。
- 低い排気煙突による汚染、工業・農業の粗放な排出抑制
- 粒子状物質の一次排出の抑制を強化。気体前駆体抑制の継続と、「ニア・ゼロエミッション」技術の推進に力を入れ、脱硫・脱窒・水銀除去などの一体化・総合運用を図る。
- 土壌、水質汚染と生活ごみ問題を重視し、並行して対策を進める。



第三部 中国の省エネへの取り組み

中节能六合天融环保科技有限公司では、火力発電所・鉄鋼業界の排煙対策に注力しており、高い成果をあげている。国家工業・情報化部および発展改革委員会が定める特別パイロットプロジェクト開発業者（第1期：12社）の一員として、火力発電・鉄鋼・ごみ発電向けの脱硫・脱窒装置の設置にかかる大型プロジェクトを数十件完遂した実績を有しており、鉄鋼企業向け焼結機排煙脱硫プロジェクトにおいては、中国最大規模の専門企業といえる。

全面的なソリューションと技術サポートで 環境保護の責務を全う





SO₂削減量 累計592779.83 t/a



山東省濱州市濱化集團熱力公司
2×240 t/hボイラー排煙脱硫工程



華能集團山東辛店發電所
2×225MWボイラー排煙脱硫工程



山東魏橋集團電廠脱硫プロジェクト
2×150+2×135MWボイラー排煙脱硫工程



大唐集團山東魯北發電所
2×330MWボイラー排煙脱硫工程



大唐集團山東魯北發電所
2×125MWボイラー排煙脱硫工程



山東省濱州公建集團
4×240 t/hボイラー排煙脱硫工程

發電所
脱硫

1

実績



SO₂削減量 累計859320.00 t/a



包頭鉄鋼集團
2×500m²焼結排煙脱硫プロセス



河北敬業鉄鋼集團
2×105m²焼結排煙脱硫プロセス



本溪鉄鋼公司製鉄プラント
2×265m²焼結機排煙脱硫プロセス



河北鉄鋼集團宣化鉄鋼公司
2×360m²焼結機排煙脱硫プロセス



河北国豊鉄鋼集團
1×132m²焼結排煙脱硫プロセス



山東伝洋鉄鋼集團
2×90m²焼結排煙脱硫プロセス

発電所
脱硫

1

実績



NO_x削減量 累計170855.70 t/a



北方連合電力臨河火力発電所
2×300MW SCR排煙脱窒プロジェクト



陽谷森泉循環流動床ボイラー
2×130t/h SNCR排煙脱窒プロジェクト



包鋼酸化鉍物移動プロジェクト火力発電所
2×130t/h排煙脱窒プロジェクト



山東濱北新材料有限公司陽信
4×330MW排煙脱窒プロジェクト



山東天源火力発電所 石炭燃焼ボイラー
2×300MW SCR排煙脱窒プロジェクト



陽信物流園熱供給第一プラント
4×350MW SCR排煙脱窒プロジェクト

脱窒

1

実績



6000m³/年 SCRハニカム脱窒触媒生産ライン



脱窒触媒

1

実績



中国节能

CHINA ENERGY CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION GROUP

これまでに環境モニタリング用測定器4000台以上を販売
運営サービスを利用する企業 2000社弱



測定

1

実績



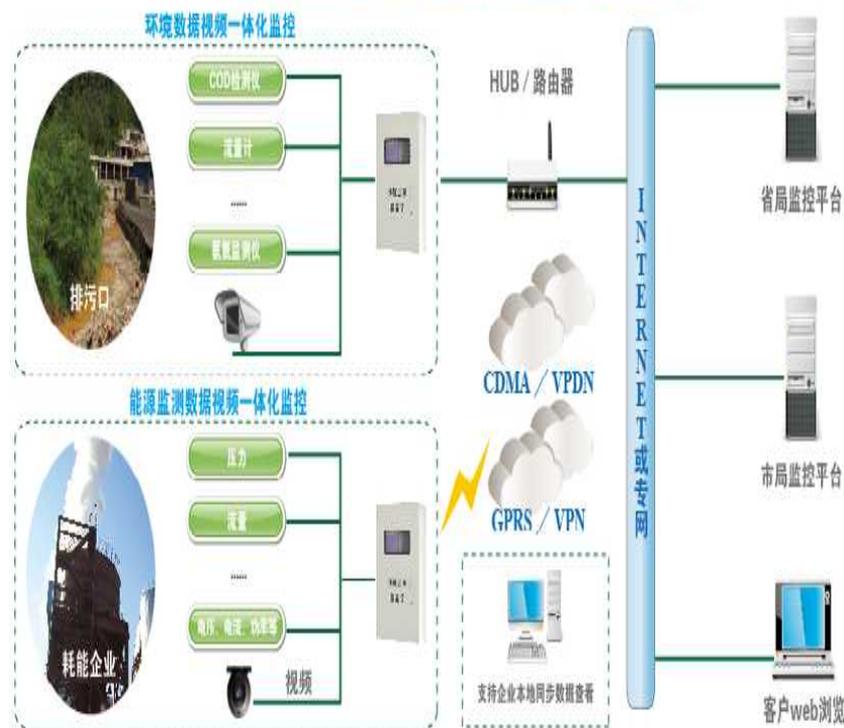
中国节能

CHINA ENERGY CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION GROUP



中央国家机关节约型型オフィス建设プロジェクト

中国节能环保集团公司节能减排综合监控管理系统结构图



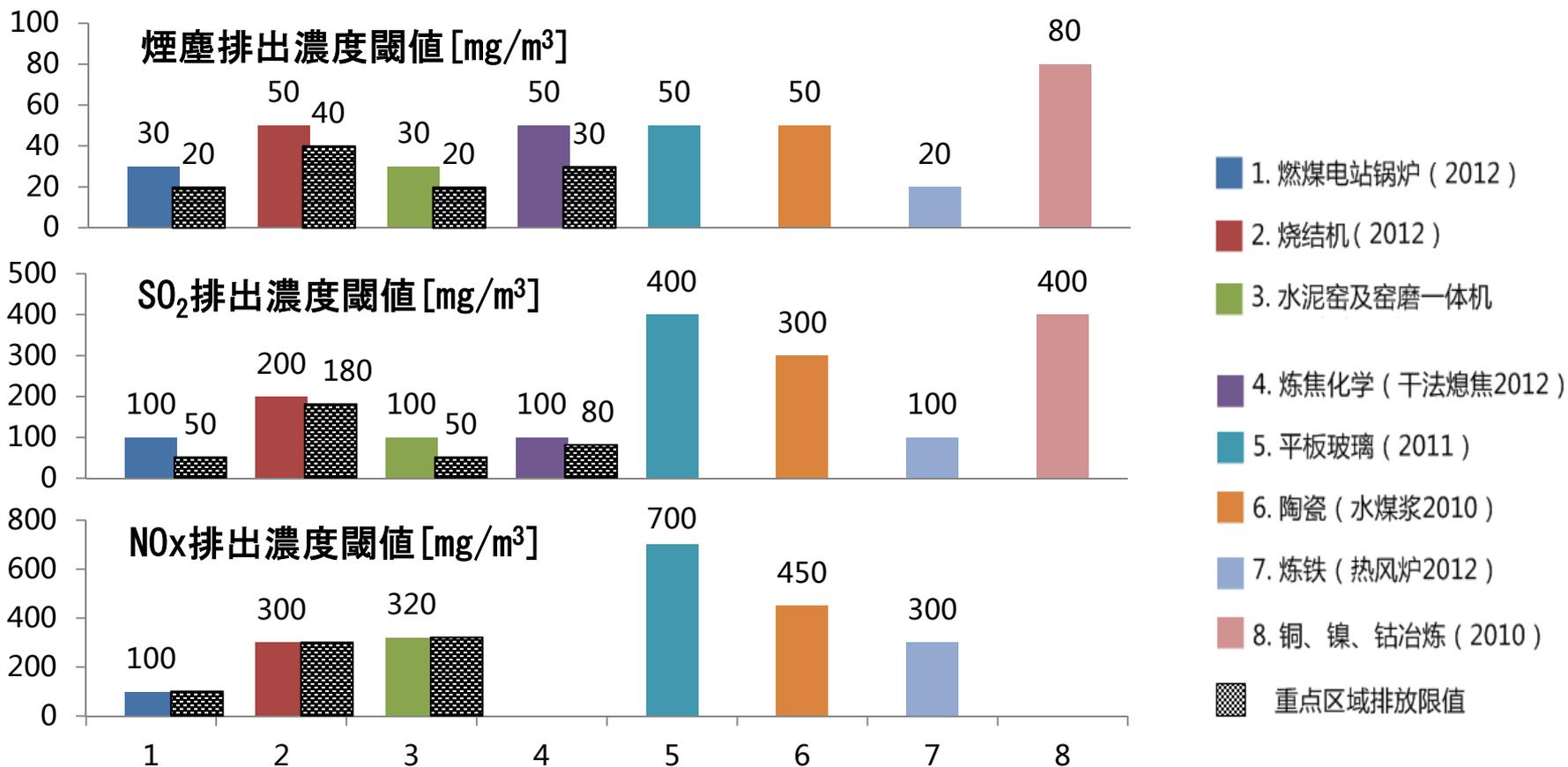
省エネ・排出削減
総合監視・監督システム

排出削減管理

1

実績

煙塵・SO₂・Nox排出基準 業界別比較



2 技術のストック

脱硫

豊富な脱硫技術のストック



- 石灰石/石膏法
- マグネシウム法
- ナトリウム法
- ダブルアルカリ法
- アンモニウム法
- 有機アミン/イオン液
- その他
- 循環流動床法
- スプレー乾燥法
- その他
- 吸着法
- 触媒酸化法
- その他

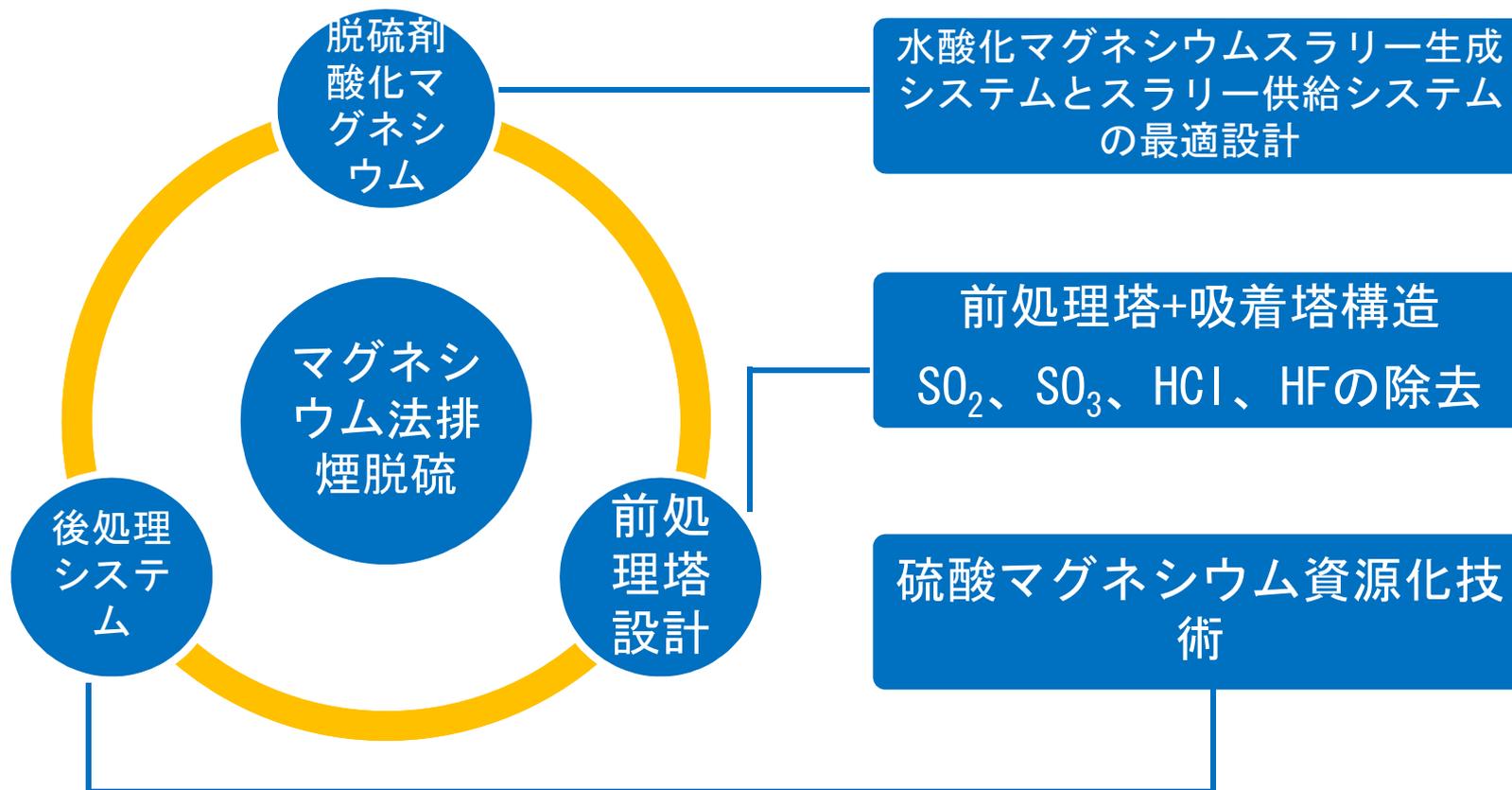
2

技術のストック

脱硫



独自のマグネシウム法脱硫・資源化技術

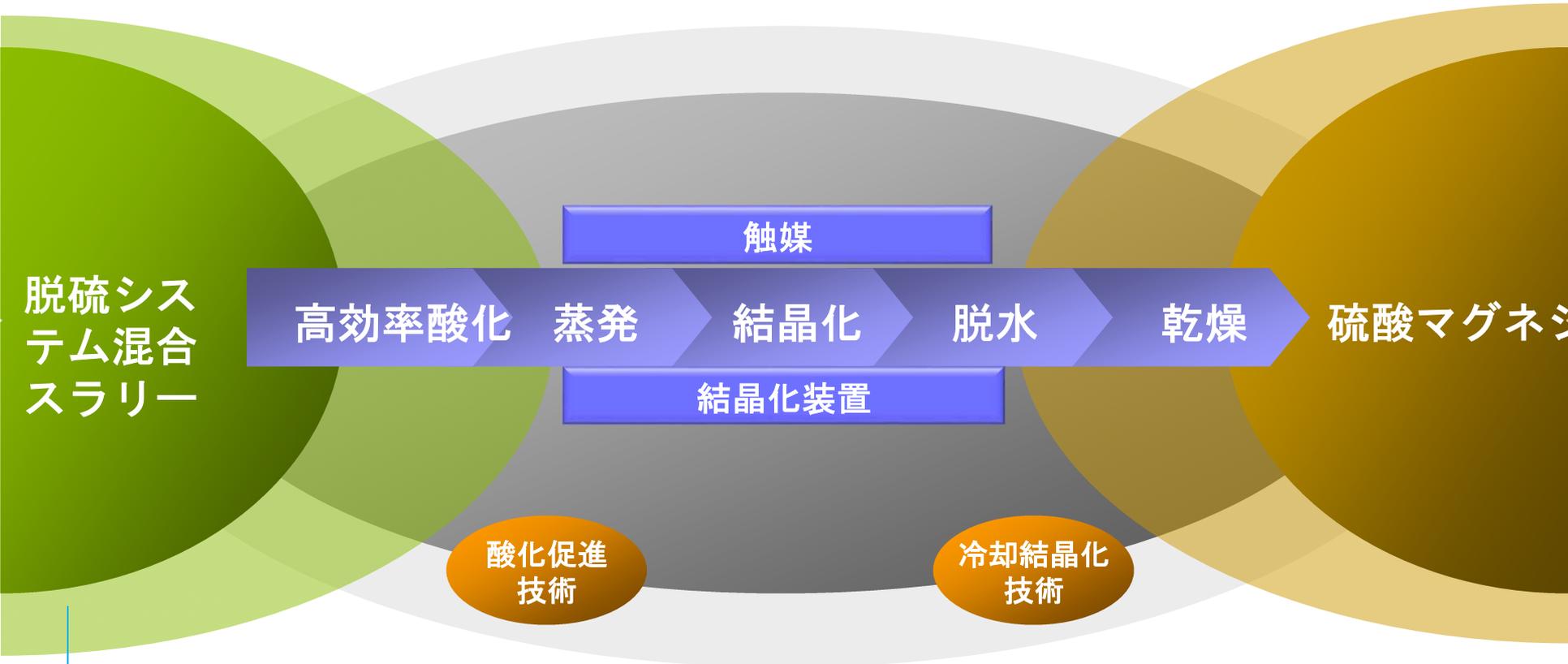


2

技術のストック

脱硫

硫酸マグネシウム資源化技術



2

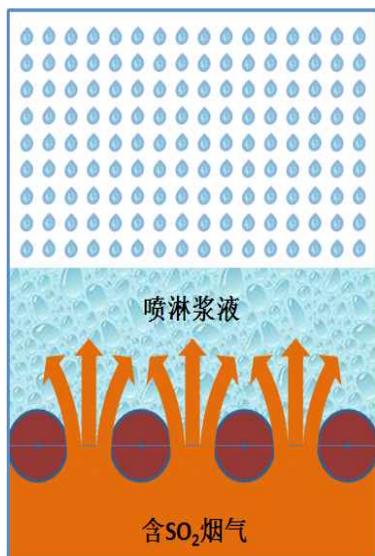
技術のストック

脱硫

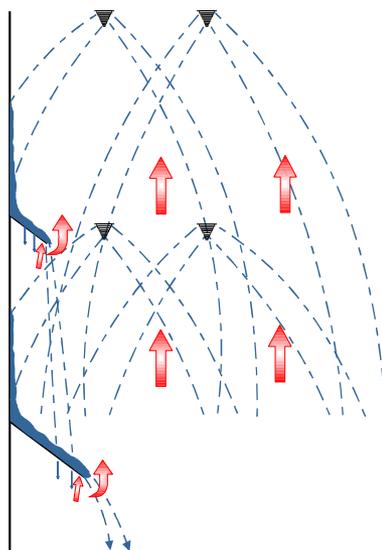


脱硫濃縮技術

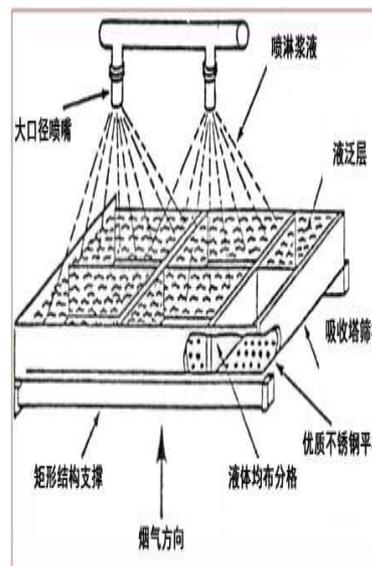
ベンチュリスクラバ装置



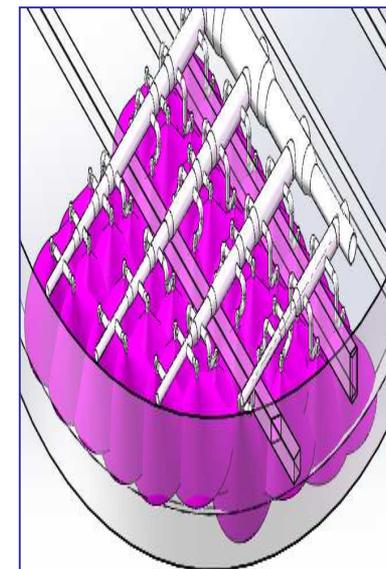
境界効果防止装置



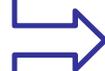
低摩擦・高効率トレー



スプレー配置の精密化



$SO_2 \leq 100 \text{ mg/Nm}^3$



$SO_2 \leq 35 \text{ mg/Nm}^3$

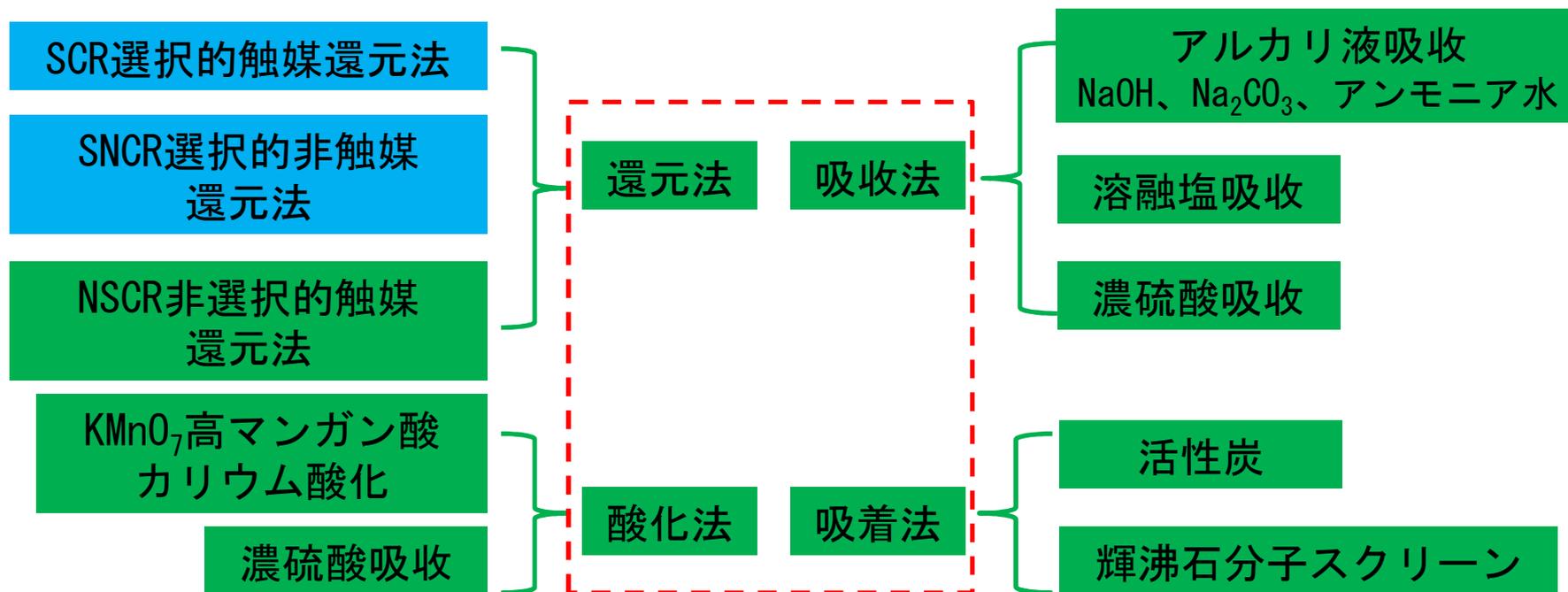
2

技術のストック

脱硫



豊富な脱窒技術のストック



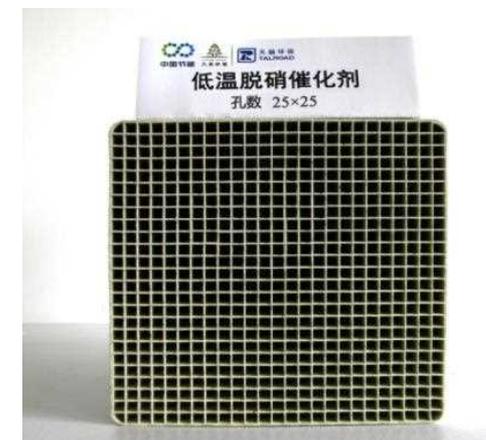
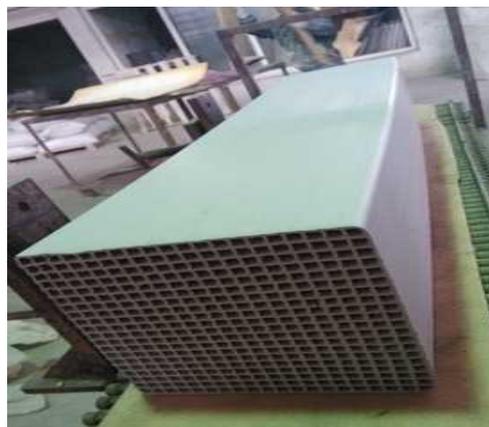
2

技術のストック

脱窒



低温SCR製品実験・生産設備



2

技術のストック

脱窒



低温SCR触媒の活用

発電所における脱窒のほか、工業ボイラー・油ボイラー・ガスボイラー、製鉄上の焼結機・ごみ焼却炉・石油分解炉・化学品工場や酸洗場工場、さらには船舶の排ガス処理にまで、幅広く活用されている。



2

技術のストック

脱窒



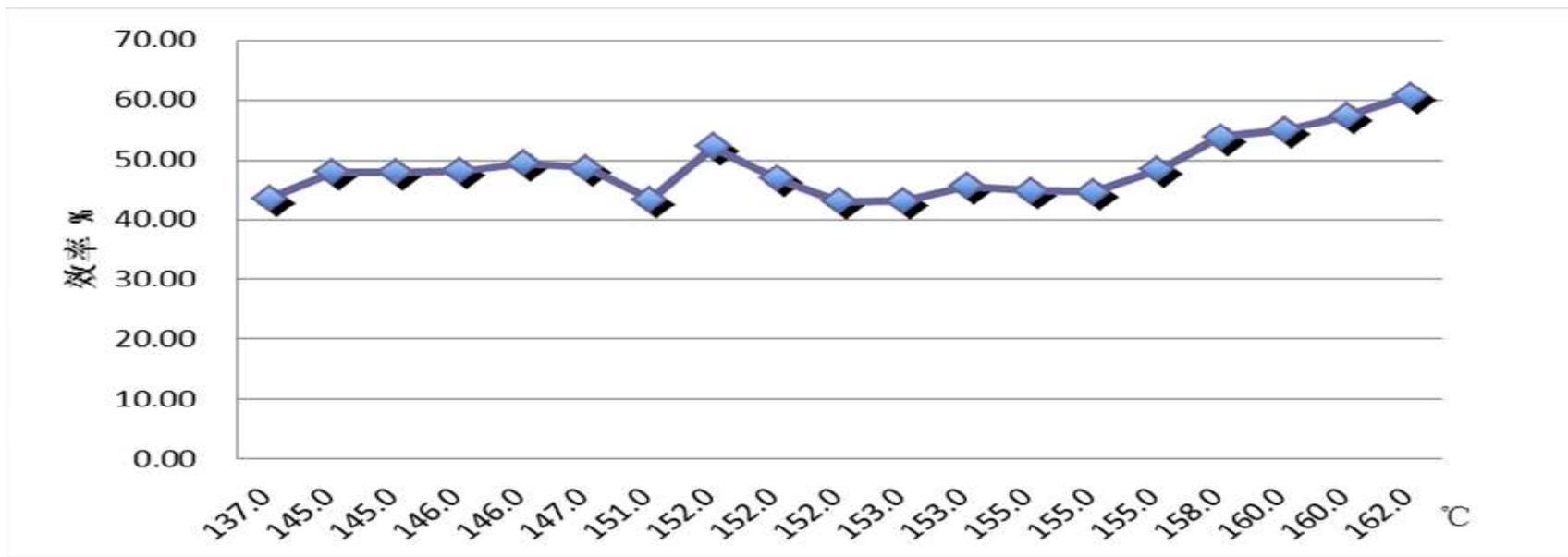
低温SCR触媒 製品性能テスト

製品の特長

130°Cの条件下ではNOx転換率は70%、

150-300°Cでは85%以上と、高い活性度を有する。

ハニカム式の触媒押出で作成される場合の単位断面積は150mm×150mm



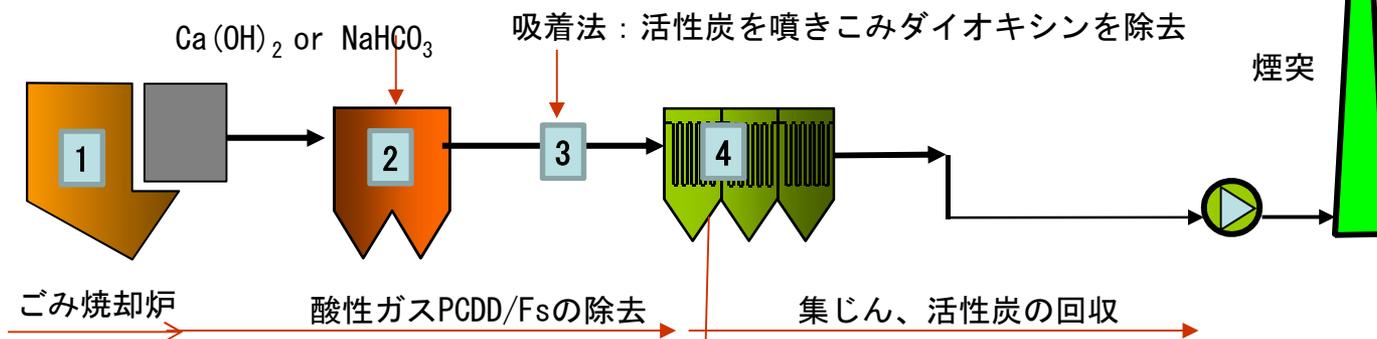
2

技術のストック

脱窒



活性炭法 ダイオキシン処理フロー



特徴：現時点において、中国のごみ焼却炉で用いられるメジャーなダイオキシン除去法。
欠点：物理的に除去する方法であり、物質を移動させるものに過ぎず、活性炭の処理が必要。

表 3.2 活性炭吸附二恶英特性实验结果

	活性炭种类	发生源浓度	处理后浓度	移除效率
二恶英浓度 ng/Nm ³	椰壳活性炭	108.34	3.73	96.56%
	Norit GL 50	108.34	19.36	82.12%
	褐煤活性炭	108.34	21.37	80.27%
	针剂活性炭	108.34	12.39	88.56%
毒性当量 ng I-TEQ/Nm ³	椰壳活性炭	7.12	0.24	96.62%
	Norit GL 50	7.12	1.38	80.66%
	褐煤活性炭	7.12	1.49	79.06%
	针剂活性炭	7.12	0.71	90.91%

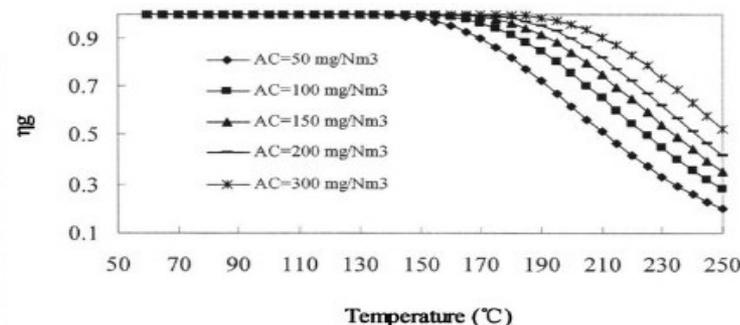


图 4.1 椰壳模拟实验结果

2 技術のストック

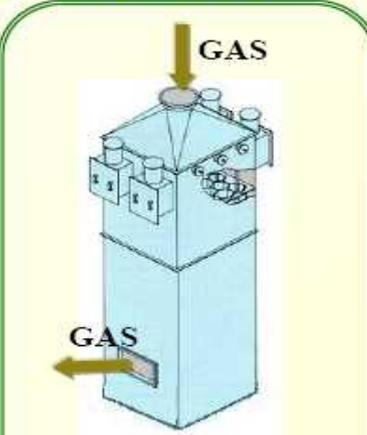
ダイオキシン除去



WESP 湿式電気集じん

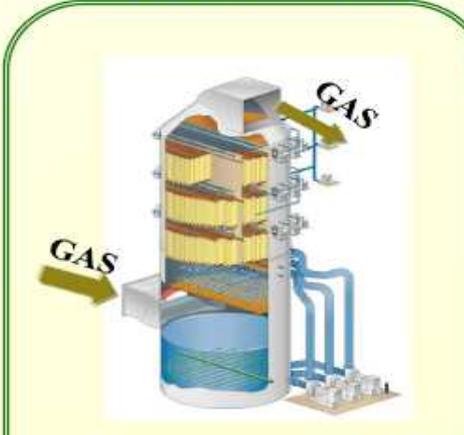
WESPでは集じん極の洗浄として、液体によるフラッシングを採用。微細な粒状物や重金属等の回収に効果的。排煙排出量は $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

◆ 縦置型 排煙単独型



- 化学工業、冶金産業に使用

◆ 縦置型 排煙・WFGD全般型



- 機械型集じん機の代替として、吸収塔の上部に設置
- 小型ユニットに最適。排煙の処理量が少ない、集じん効率要件がそれほど高くないケースで用いられる。

◆ 横置型 排煙単独型



- 中型・大型ユニットに最適。排煙の処理量が多い、集じん効率要件が高いケースで用いられる。
- 現在は海外の石炭火力発電所で使用されることが多い。

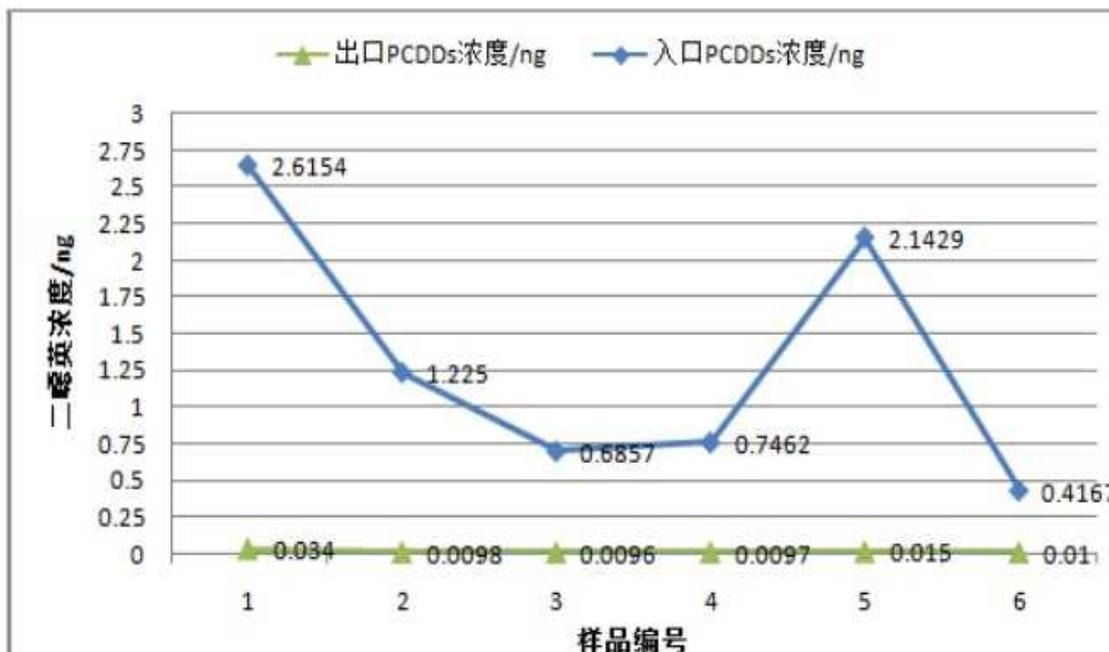
2

技術のストック

湿式電気集じん



活性炭法ダイオキシン除去技術性能



催化剂样品编号 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o
入口 PCDDs/ng ^o	2.6154 ^o	1.225 ^o	0.6857 ^o	0.7462 ^o	2.1429 ^o	0.4167 ^o
出口 PCDDs/ng ^o	0.034 ^o	0.0098 ^o	0.0096 ^o	0.0097 ^o	0.015 ^o	0.011 ^o
脱除率/% ^o	98.7 ^o	99.2 ^o	98.6 ^o	98.7 ^o	99.3 ^o	97.6 ^o

2

技術のストック

ダイオキシン
除去



脱VOC技術

直接燃烧法 (DFI)



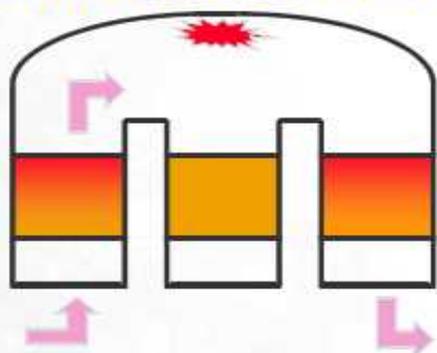
反応温度 : 700~800 °C

触媒酸化燃烧法



反応温度 : 200~400 °C

蓄熱式燃烧法 (RTO)



反応温度 : 1,000 °C



反応温度 : 200~400 °C

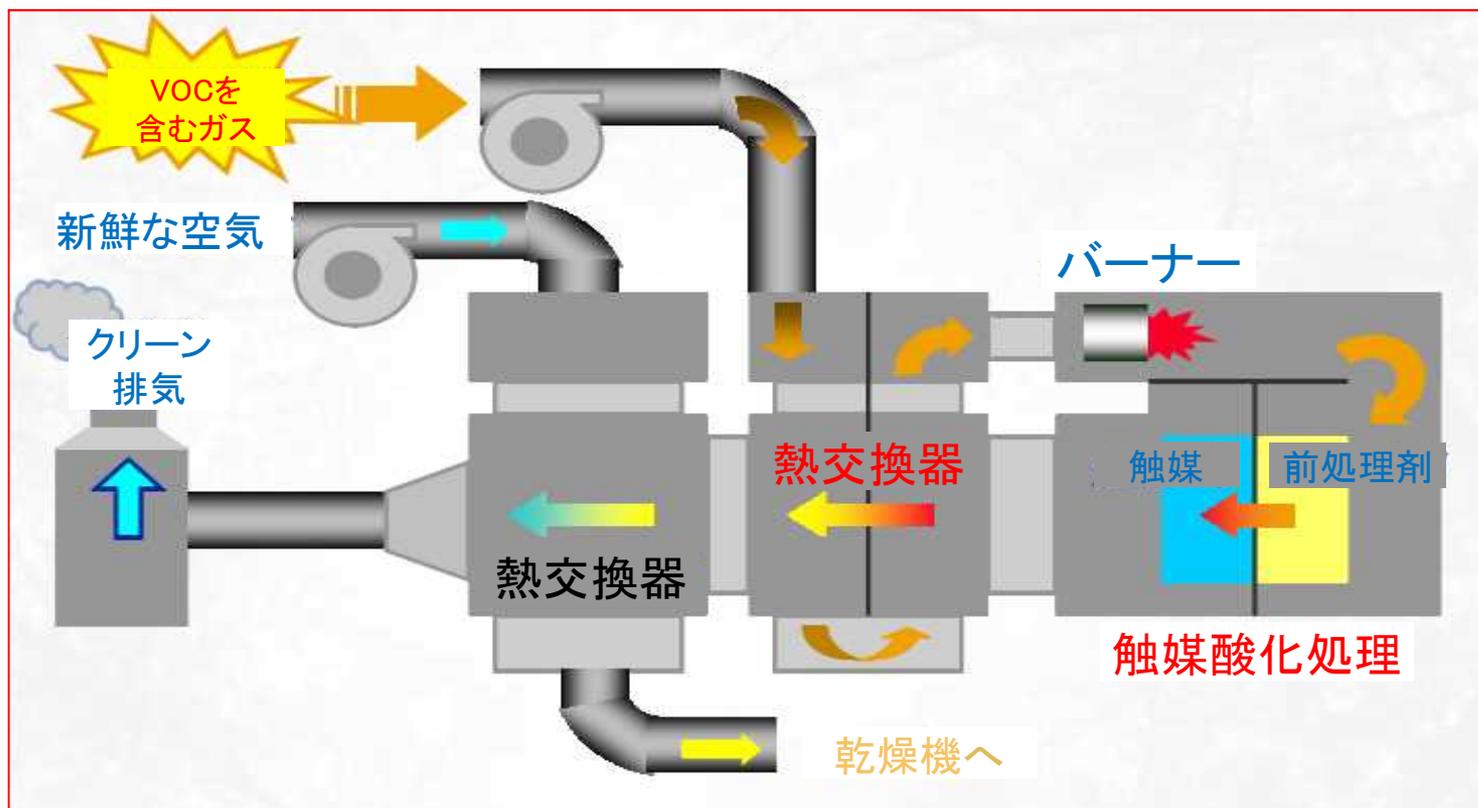
2

技術のストック

VOC除去



触媒酸化燃焼フロー



2

技術のストック

VOC除去

触媒燃焼技術の特長

- 1 VOC処理性能が高い
- 2 COの完全酸化
- 3 副産物が生じないため、二次処理が不要
- 4 低温燃焼が可能で、燃料消費量が少ない
- 5 設備の寿命が長い
- 6 直接燃焼法と比べ、CO₂発生量が少い

2

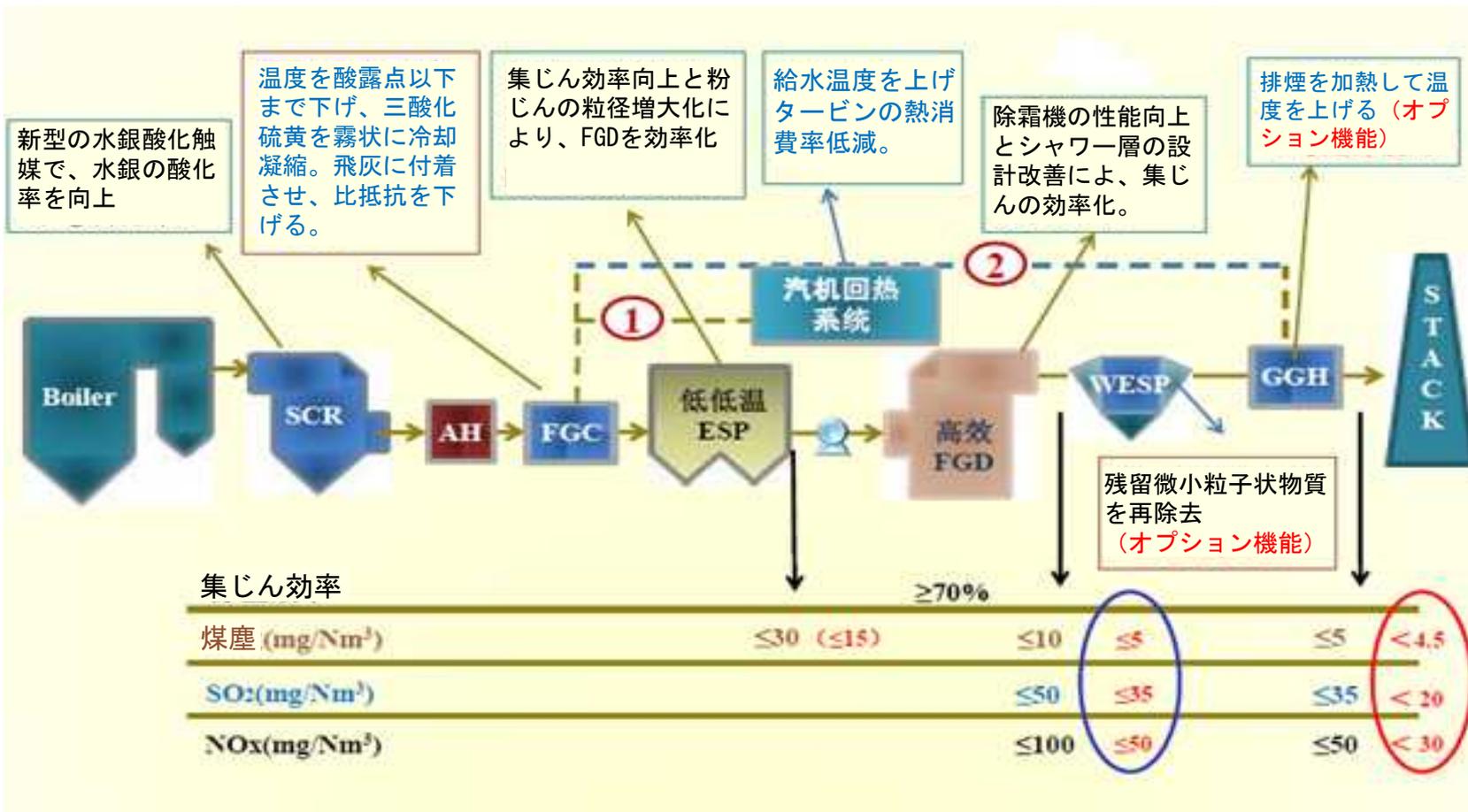
技術のストック

VOC除去



「ニア・ゼロエミッション」技術 代表的なフロー

中国节能
CHINA ENERGY CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION GROUP



2 技術のストック

排出
ほぼゼロ



最先端の大気測定技術



β 線吸収法

(β +DHS)



天秤振動法
膜挙動測定システム

(TEOM+FDMS)



β 線吸収
濁度測定法

(β +DHS+光散射)



光散乱法

(光散射)

2

技術のストック

測定



多種多様な大気測定設備

大気PM2.5/10分析器

β 線吸収法、同位体リアルタイム測定技術などで、国レベルの重要な計器開発プロジェクトをリード

大気VOC オンライン分析機

FIDクロマトグラフィーにより、TVOC、イオン成分の分析が可能に

大気油煙測定装置

電気化学センサ技術により、飲食施設における油煙の排出濃度をリアルタイムで測定

有機炭素/炭素元素 オンライン測定装置

熱線-レーザー測定技術により、オンラインで、炭素濃度をリアルタイムに測定

エアステーション 測定システム

化学発光法によるNox測定、紫外蛍光法によるSO₂測定

2

技術のストック

測定

まとめ・謝辞

末筆ながら、大気汚染防止分科会という場において、発表・意見交換の機会をいただいたことに改めて感謝申し上げます。

中国節能環保集團は、省エネ・排出削減・環境保護を本業とする唯一の国営企業であり、省エネ・環境保護専門の中国最大のグループ企業である。排煙対策技術について、同業者・専門家の皆様と深いレベルでの交流・協力ができることを心から期待している。

ご清聴 ありがとうございます ございます

- 城市水务，为人民提供生命之水
- 可再生能源，奉献绿色电力
- 新型节能环保建筑材料，节能节地环保利废
- 节能减排技术服务，共同发展循环经济



中国节能

CHINA ENERGY CONSERVATION AND
ENVIRONMENTAL PROTECTION GROUP

聚合点滴 创生无限
Going Green, Investing Green