

中国の環境科学論文誌に見る

# 現代中国の化学工場 of 環境汚染管理技術

公益社団法人 化学工学会  
産学官連携センター SCE・Net

環境研究会

齋藤 興司

# 報告の内容

1. 中国環境科学技術情報サービスのご紹介
2. 調査対象の論文誌について
3. 掲載論文の内容とテーマ
4. いくつかの論文例
  - (1) 分解されにくい廃水の処理
  - (2) 化学プロセスからのVOCsの処理
  - (3) 食品加工廃水の処理
  - (4) PM2.5の調査研究
  - (5) 中国の環境事件研究
5. 中国で活発に研究され工業化されている汚染防止技術
  - (1) 「微電解」と「Fenton酸化」—鉄を利用した廃水処理
  - (2) 「顆粒状汚泥」による廃水処理
6. 中国の緊急の「大気汚染防止行動計画」

## 「最近の中国環境科学技術雑誌から」の発刊目的

1. 最近の中国の環境問題の研究動向を知る。
2. 特に、中国の環境汚染防止技術研究の現状を知る。
3. 中国に事業所を有する日本企業の現地技術者に中国の研究動向・研究内容・研究者の情報を提供する。
4. 同じ技術分野の日本の現状とを比較し、中国現地工場の環境汚染対策を支援する。



# 最近の中国環境科学技術雑誌から」の紹介

## ＜今号の着目テーマ＞

号毎にテーマを決め、そのテーマに沿った論文を6編程度選び、座談会方式でシニア技術者が解説・評価する。

1. 着目報文一覧
2. 着目報文のごく簡単な要旨。
3. シニア技術者の視点

本サービスの核心部分。中国の化学工場の現場管理経験者を含むシニア技術者が論文のポイントや実用化の課題、日本の技術との比較等を現場の立場からわかりやすくコメントする。

**但し、著作権の関係で論文の和訳(含む抄訳)は掲載することができないことをご了解願う。**

—中国日系企業のための環境科学技術情報サービス—

最近の中国環境科学技術雑誌から 2013 No.4

2013年 10月 28日

公益社団法人化学工学会 SCE・Net 環境研究会

本情報サービスは、企業における現場経験豊かなシニアエンジニアが下記の中国の環境科学技術雑誌の最新号から選んだ数報の報文を調査検討して、座談会形式でその内容に関連する日常現場作業へのヒントを提供し、中国に製造拠点を有する、あるいは製造拠点を計画している企業の技術者を応援することを目的とするものです。但し現時点では、各報文の和訳要約は著作権の関係でご提供できないことをお断りします。

調査対象雑誌	1. 化工环保	編集: 中国化工环保協会(隔月刊)
	2. 环境污染与防治	編集: 浙江省环保科学设计研究院(月刊)
	3. 安全与环境学报	編集: 北京理工大学、他(隔月刊)
	4. 污染防治技术	編集: 江苏省环境科学学会他(隔月刊)

### 今号の着目テーマ 業種別のある废水处理研究

今号は、廃水水质の異なった5種類の業種の工場、すなわち製紙工業、染料工場、可塑剤工場、リンを含有する廃水の出る工場、および魚類加工工場、の废水处理に関連する論文を取り上げた。中国の環境科学技術研究の特徴の一つは、実際の工場の廃水を使った実験を行って排出規制値を満足する処理プロセスを開発し、その過程をまとめた論文が多くみられる点である。今号でとりあげた6報の論文は、技術的な観点からみると、二酸化塩素による酸化分解+生物処理、好気性顆粒汚泥による生物処理、中和凝集+生物処理、活性汚泥+活性炭生物炭法、であり、废水处理の最終工程はいずれも広い意味での生物処理となっている。

今号では、まず、古紙を再利用した製紙工業の汚染防止とクリーン生産に関する調査報告を取り上げた。この論文から、中国政府の製紙工場に対する排出廃水水质規制の強化を背景に処理技術開発が急がれているが、先進国技術レベルとの差がなかなか縮まらない実情が見てとれる。着目論文2は古紙の再利用による段ボール製造废水处理の一例としての二酸化塩素を用いた触媒酸化技術と曝気生物炭法法の組合せプロセスについての研究報告である。着目論文3と4はファインケミカル工場の废水处理に関するものである。一つはベンジジン系染料中間体製造工場の废水处理で二酸化塩素による無触媒酸化処理で前処理を行い、後工程の生物処理の負荷を下げるという研究、もう一つはフタル酸エステル可塑剤製造工場の废水处理で、好気性顆粒汚泥による処理がCODだけでなく全リン及びアンモニア性窒素の除去にも有効であった、という報告である。着目論文5はリン含有量の多い化学プラントからの废水处理に関するもので、中和凝集工程の詳細検討を中心として既存の生物処理プロセスを再構築し、法規制値をクリアした報告である。最後の着目論文6は化学工場ではなく食品加工製造工場の废水处理に関する工業化設備の運転実績報告で、プロセスフローや主要設備のサイズ、更に建設費・処理コストにも言及した実機報告である。

中国環境科学技術情報

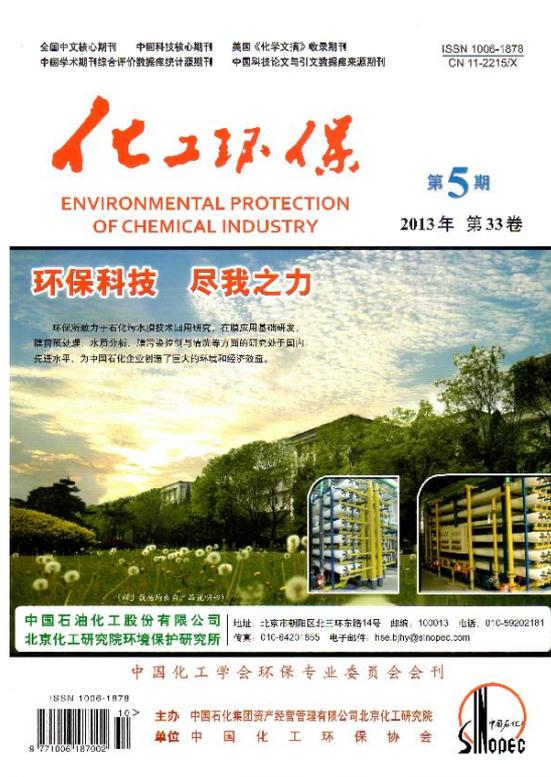
Copyright©2013@SCE・Net 環境研究会

2013(4)

# これまでにとりあげた「着目テーマ」

発行月日	着目テーマの表題	収載論文数
2012. 7.12	生物難分解性工場廃水の処理	8
2012. 10.3	揮発性有機化合物(VOCs)の浄化対策	6
2012. 11.20	生物難分解性廃水処理—Fenton法の展開その他	7
2013. 2.12	廃水の生物処理(嫌気処理、好気処理、培養)	6
2013. 5.10	鉄の反応を利用した廃水処理	6
2013. 7.16	都市の大気環境の汚染対策(悪臭、VOCs、PM2.5)	7
2013. 10.28	業種別の特色のある廃水処理研究	6

# 調査した論文誌(1)

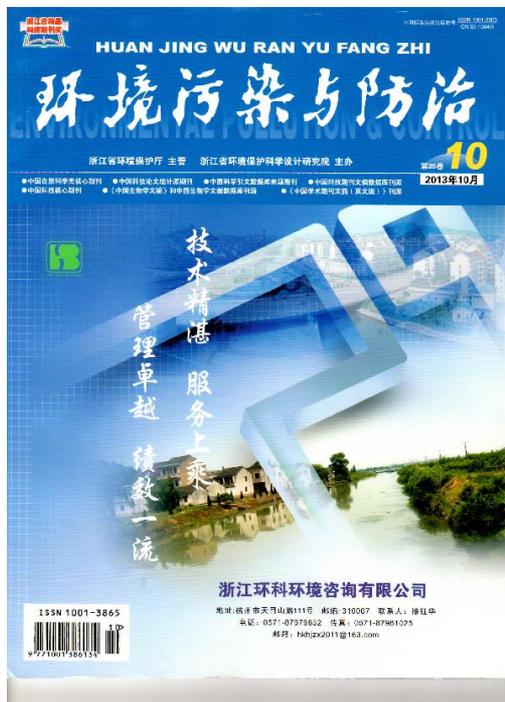


**化工环保** (隔月刊)  
 中国石化集团北京化工研究院  
 中国化工环保协会

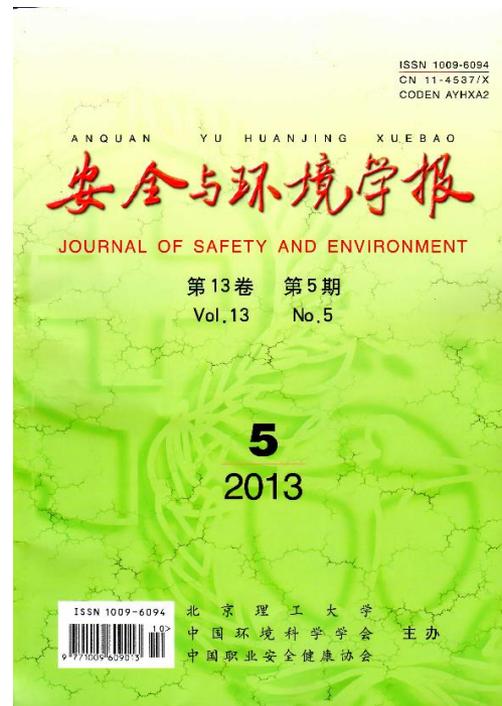


**污染防治技术** (隔月刊)  
 中国环境科学学会  
 江苏省环境科学学会

# 調査した論文誌(2)



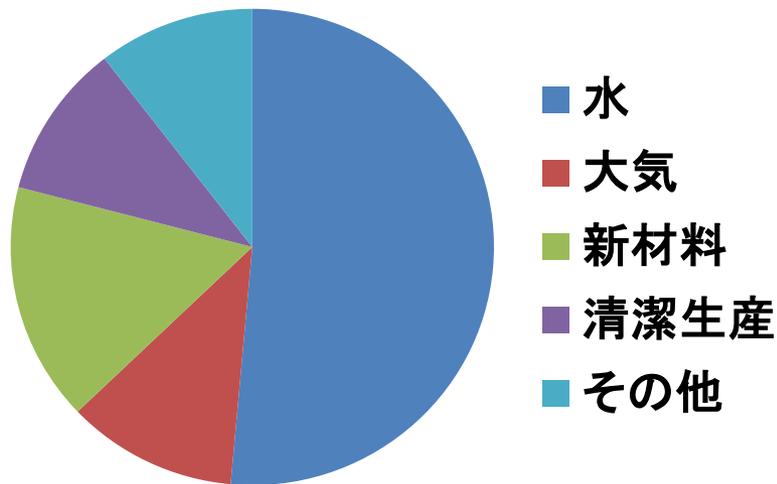
环境污染与防治 (月刊)  
浙江省环境保护科学设计  
研究院



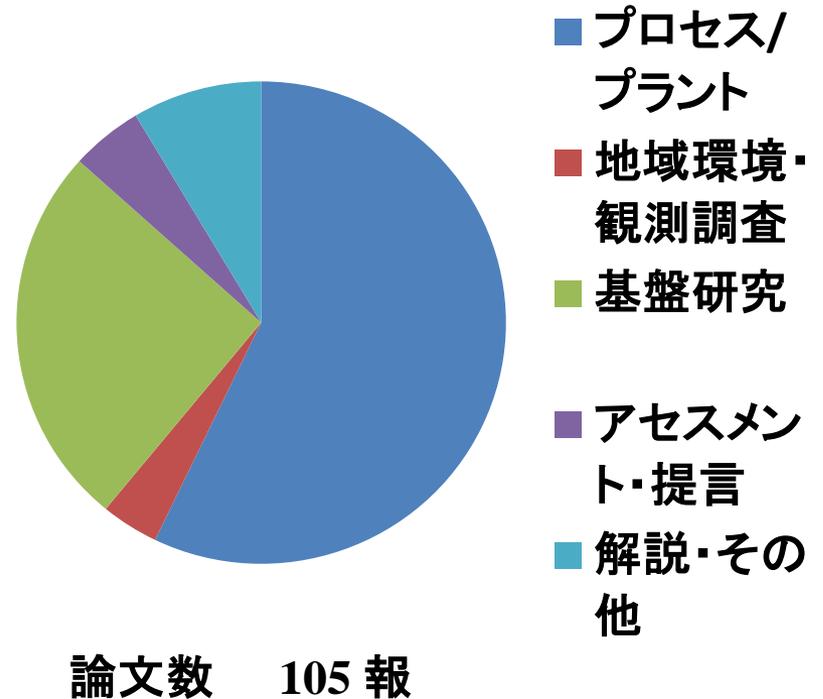
安全与环境学报 (隔月刊)  
北京理工大学  
中国环境科学学会  
中国职业安全健康协会

# 「化工环保」誌の論文の内訳

## 対象別論文件数



## 内容別論文件数

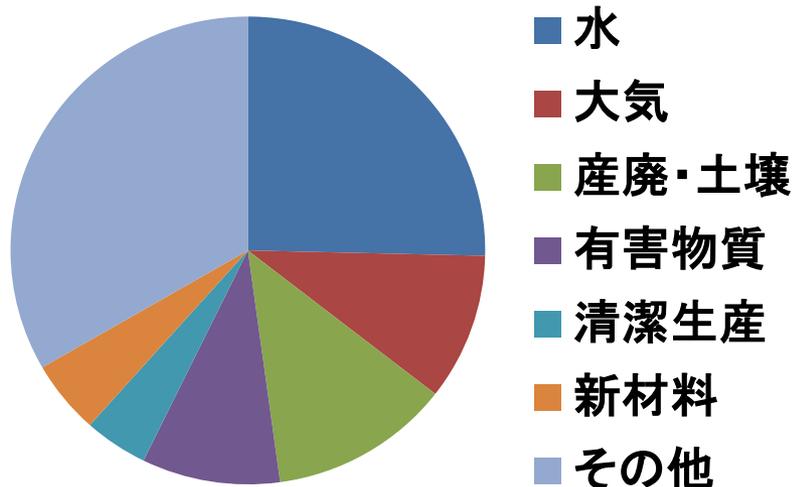


論文数 105 報

# 「安全与环境学报」誌の論文の内訳

(但し、安全管理関係の論文は除く)

## 対象別論文数

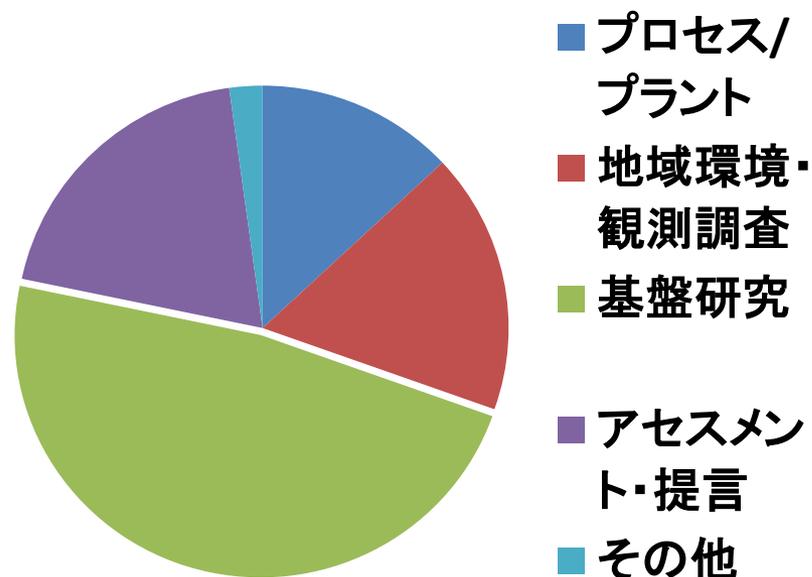


その他の例:

・地球環境・生態系・産業の環境影響

論文数 138 報

## 内容別論文数

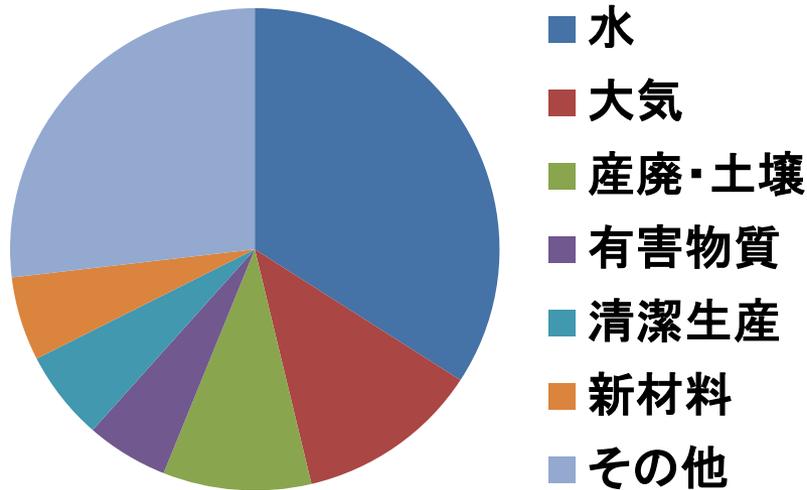


基盤研究の例:

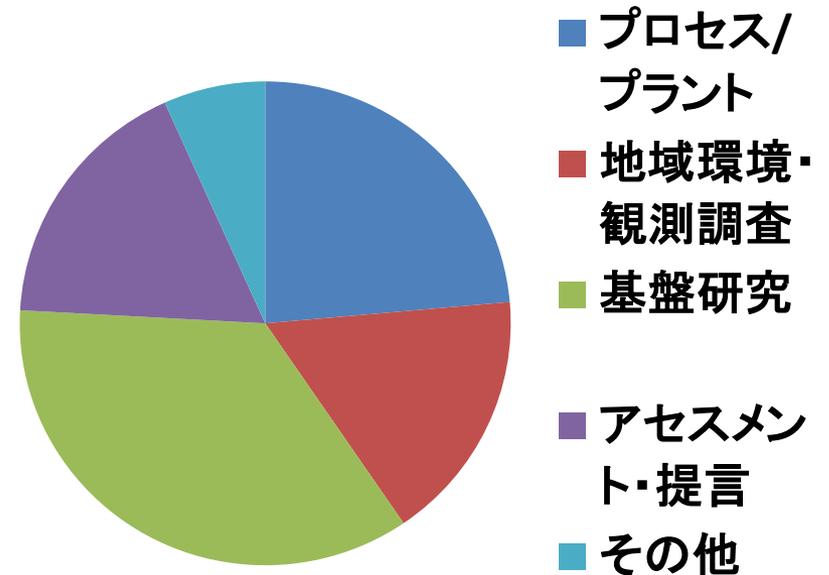
・毒性・微生物培養選別・吸着特性・動力学研究  
 ・数学モデルとシミュレーション・分析法・測定技術

# 4誌の論文の対象別・内容別内訳

## 対象別論文数



## 内容別論文数



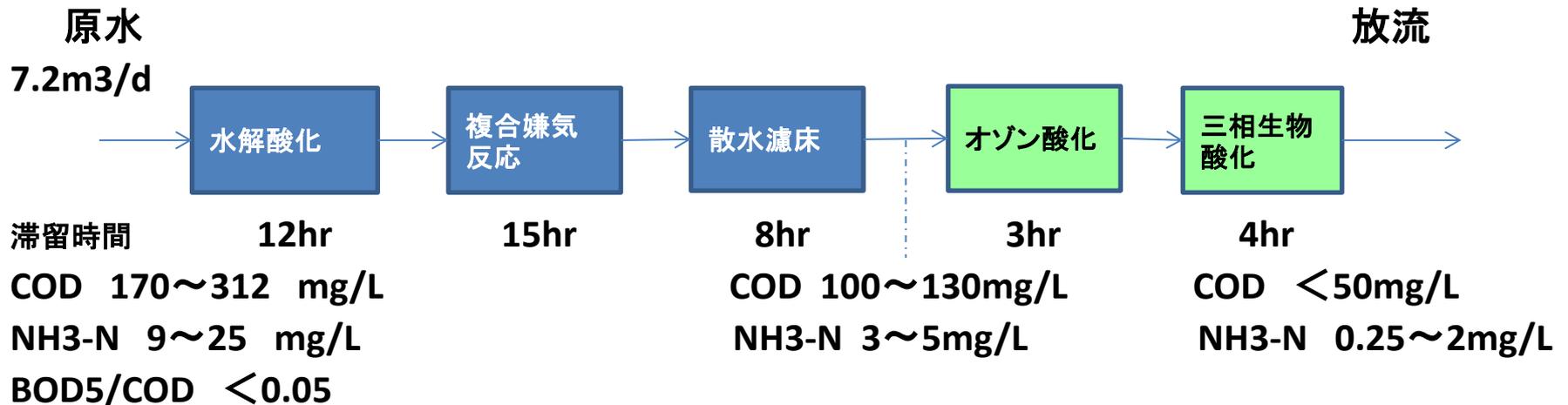
4誌計論文数 551 報

# 論文紹介(1) 微生物分解の難しい廃水の処理

## 「ビタミン類製薬廃水高度処理の中規模試験」

侯宇ら（辽宁工程技术大学） 安全与环境学报 vol.12 No.1（2012）

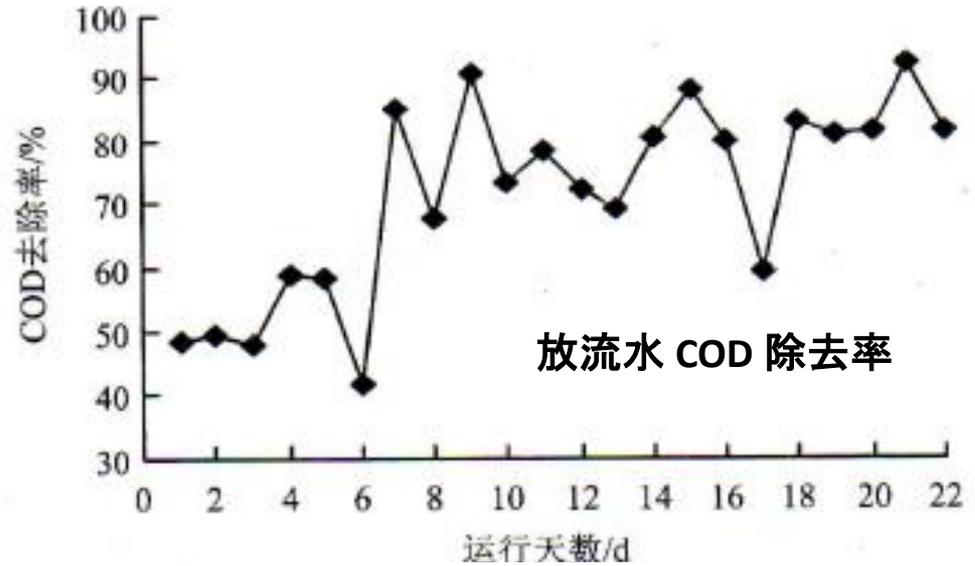
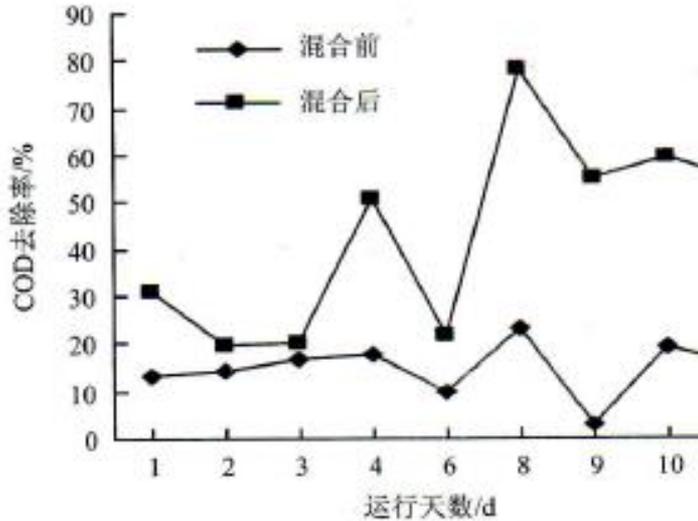
背景： 某製薬工場のプロセス廃水は既存廃水処理設備で新排出基準を満たせない。  
⇒ 既存廃水処理場出口水に高度処理プロセスを追加して新排出基準をクリアする。



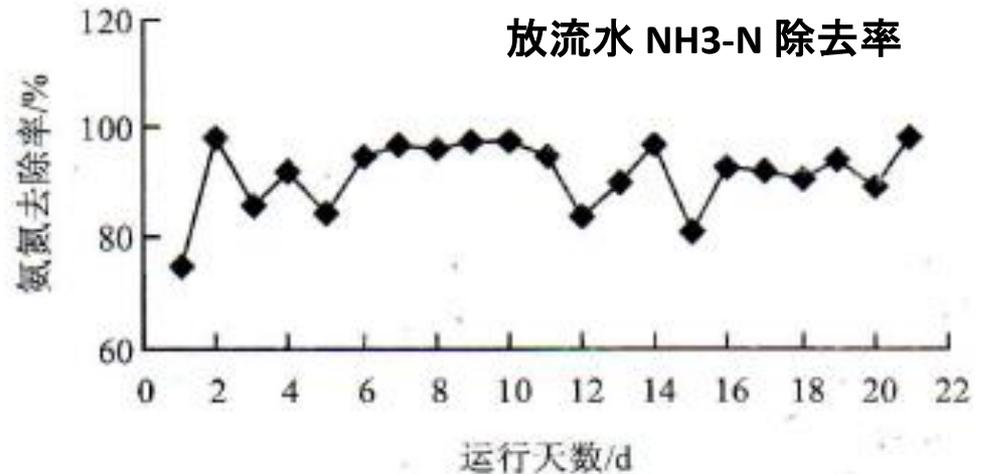
- プロセスの特徴
- ① 処理原水に生活污水を加えてBOD/COD比を高める。
  - ② 好気性水解細菌、酸産出細菌が高分子量汚物を低分子化する。
  - ③ オゾン酸化工程を入れてCODの低下とBOD/COD比のアップを図る。
  - ④ CODの低下は散水濾床で、NH3-Nの低下は後段で顕著である。

# 廃水処理結果

## 生活污水混合の効果 —散水濾床出口水—



- ・ 運転10日以降放流水のCODは**50mg/L以下**、除去率は80%以上が得られた。
- ・ 放流水のNH<sub>3</sub>-Nは**0.25mg/L以下**、除去率は90%以上となった。
- ・ 放流水水質は、放出水規格 GB18918-2002 (都市部污水处理場 汚染物排出規格) を満足した。



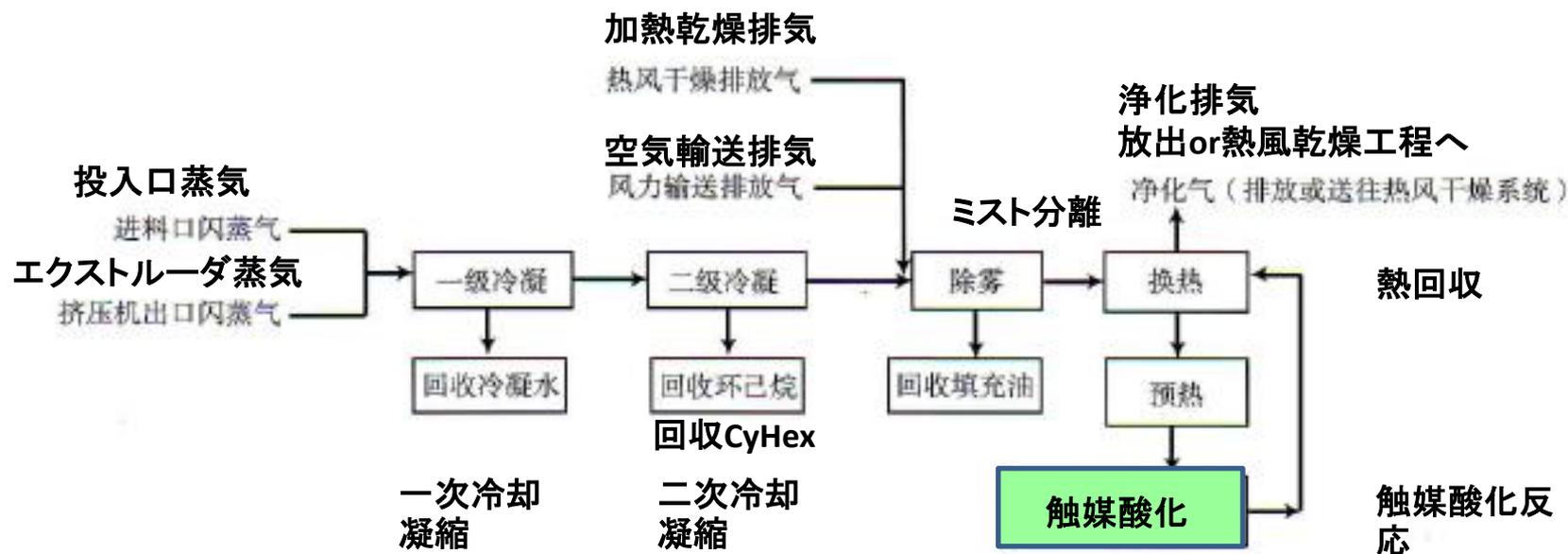
# 論文紹介(2) 揮発性有機物(VOCs)放出対策

## 「合成ゴム製造廃気処理における触媒酸化技術の応用」

程文紅ら（中国石化北京燕山分公司） 化工环保 Vol.32 No.2 (2012)

### スチレン-ブタジエンゴム製造プラントの廃気処理プロセス

（プロセスと酸化触媒は撫順石油化工研究院による開発）



# 酸化触媒反応器の性能

	触媒層温度 °C		非メタン炭化水素 mg/m <sup>3</sup>			シクロヘキサン mg/m <sup>3</sup>		
	入口温度	出口温度	入口濃度	出口濃度	除去率%	入口濃度	出口濃度	除去率%
12/2	239	423	5,030	74.9	98.5	4,200	55.4	98.7
12/3	257	455	5,820	85.1	98.5	5,140	47.3	99.1
12/4	253	455	5,610	56.5	99.0	5,100	33.7	99.3
12/5	251	381	3,840	50.9	98.7	3,430	36.8	98.9

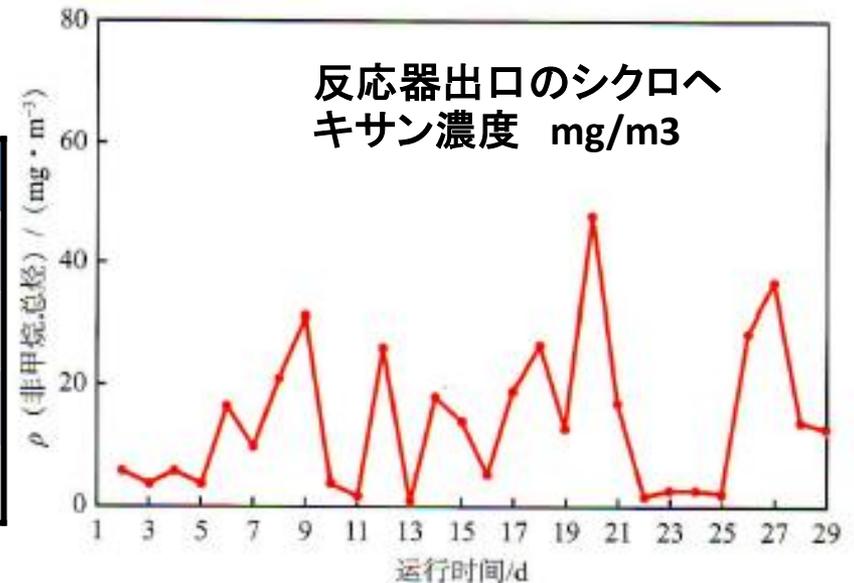


ラテックス凝集工程改善  
凝集槽 2段から3段へ

改善効果

シクロヘキサン濃度

	入口濃度	出口濃度	除去率%
6/1	2,600	40.8	98.4
6/7	2,590	21.6	99.2
6/12	2,480	18.2	99.3
6/28	2,630	15.4	99.4



# 論文紹介(3) 水産加工廃水処理の工業化

## 「SBR+BAC処理魚制品加工废水的工程应用」

陈 森ら（南京市环境保护科学研究院） *污染防治技术* Vol.26 No.2（2013）

SBR: Sequencing Batch Reactor

BAC: Biological Activated Carbon

### 廃水原水水質 (mg/L)

pH	COD	BOD5	SS	NH3-N	动植物油
6-8	600-800	350-450	200-500	50-80	40-80

### 目標処理水水質(mg/L)

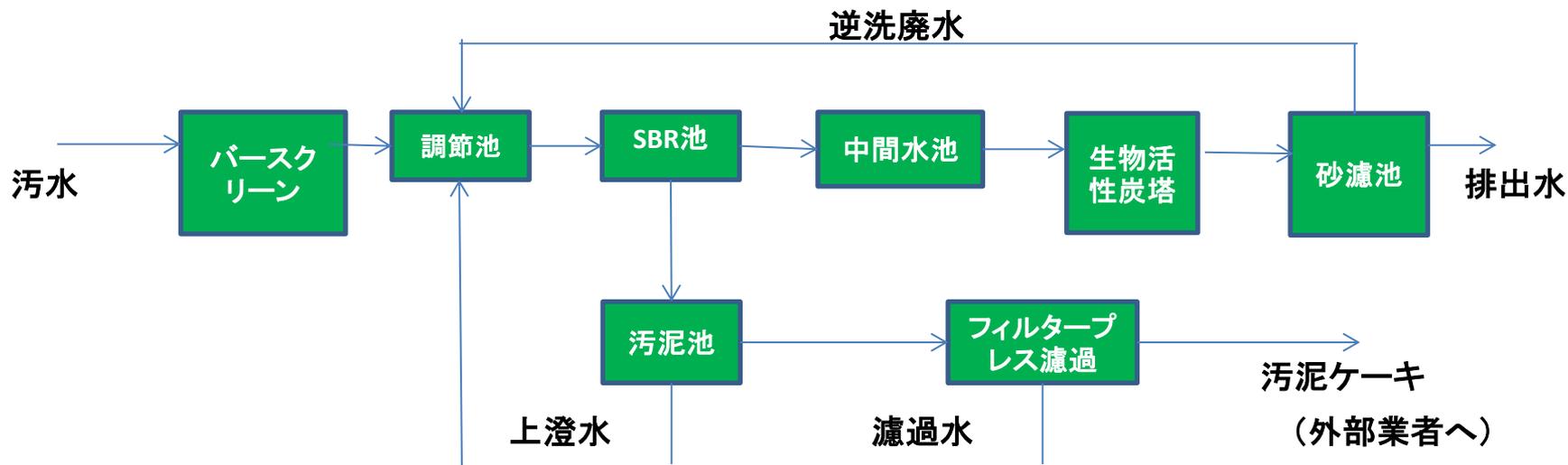
（「城镇污水处理污染物排放标准」(GB18918—2002) 一级B标准）

pH	COD	BOD5	SS	NH3-N	动植物油
6-9	60	20	20	15	3

### 廃水の特徴

- ・大量の懸濁浮遊廃棄物と動物性油脂を含む。
- ・生物分解性は良好であるが、時間的変動が大きい。
- ・技術のポイントは初段（調節池）の嫌気汚泥分解とBACにある。

# 廃水処理プロセスフローと主要構築物



主要構築物名	基数	有効容積	水滞留時間	材質
調節池	1	330m <sup>3</sup>	15.8 hr	鉄筋コンクリート
SBR池	1	900m <sup>3</sup>	43.2 hr	鉄筋コンクリート
中間水池	1	85m <sup>3</sup>	4 hr	鉄筋コンクリート
生物活性炭塔	2	50m <sup>3</sup>	2.4 hr	鉄鋼
砂濾過池	2	18m <sup>3</sup>	0.8 hr	鉄筋コンクリート
汚泥池	1	25m <sup>3</sup>	-	鉄筋コンクリート

# 主要機器仕様と処理水品質

主要機器名	基数	機器仕様 (液量、揚程、動力)	機能
水中ポンプ	2	25m <sup>3</sup> /h, 10m, 2.2kW	調整池廃水送水
低速遠心ポンプ	2	50m <sup>3</sup> /h, 5m, 1.1kW	中間水池廃水送水
遠心ポンプ	1	96m <sup>3</sup> /h, 11.5m, 4.0kW	砂濾過逆洗
ルーツブロワ	2	6.7m <sup>3</sup> /min, 5mH <sub>2</sub> O, 11.0kW	SBR池、活性炭塔曝気
デカンター分離機	1	200m <sup>3</sup> /h, 1.5~2.0m, 0.37kW	SBR池排水
フィルタープレス濾過器	1	A=10m <sup>2</sup> , 3.0kW	汚泥脱水
スクリーパーポンプ	1	8m <sup>3</sup> /h, P=2.5MPa, 4.0kW	FPへの汚泥給液

	pH	COD	BOD5	SS	NH3-N	动植物油
原廃水	7.2	615	380	220	65	45
SBR池出水	7.4	123	41	34	18	1.2
BAC塔出水	7.5	56	18	25	7.6	0.5
砂濾過池出水	7.5	54 < 60	18 < 20	12 < 20	7.3 < 15	0.5 < 3

# 論文紹介(4) PM2.5に関する研究

- PM10** 「贵州贫困农村室内**PM10**污染水平及影响因素分析」  
李金娟ら (环境污染与防治 2012年1期)  
「白色市右江区大气**PM10**中水溶性无机离子的化学特征与来源」  
刘 芳ら (环境污染与防治 2012年6期)  
「应用地质累积指数评价抚顺市**PM10**中元素的污染」  
焦 姣ら (环境污染与防治 2012年6期)

## 「北京典型**PM2.5**污染过程的特性和来源」

王志娟ら (安全与环境学报 2012年5期)

## 「国际**PM2.5**排放标准及其实施情况比较分析」

廖 琴ら (环境污染与防治 2012年10期)

## 「武汉市冬夏季大气**PM2.5**浓度及其烃类化合物的变化特征」

周家斌ら (环境污染与防治 2013年1期)

## 「北京**雾霾**天气下气溶胶中水溶性无机粒径分布」

黄怡民ら (安全与环境学报 2013年4期)

## 「紫外-荧光检测器高效液相色谱法测定**PM2.5**中16种多环芳烃」

高庚申ら (安全与环境学报 2013年5期)

## 「浅谈**PM2.5**的防治对策建议」

金琴芳ら (污染防治技术 2013年3期)

## 「基于人工神经网络的城市**PM2.5**浓度空间预测」

王 敏ら (环境污染与防治 2013年9期)

# 世界各国のPM2.5環境基準

(廖 琴 らの論文より)

## WHOによる環境基準値と途中過程における目標値 (単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	IT-1 (死亡率5%増)	IT-2 (死亡率2.5%増)	IT-3 (死亡率1.2%増)	基準値
年平均濃度	35	25	15	10
日平均濃度	75	50	37.5	25

## 世界各国の環境基準値 (単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	中国(一級)	中国(二級)	米国	インド	日本
年平均濃度	15	35	15	40	15
日平均濃度	35	75	35	60	35
備考	2011年発布 2016年1月1日発効	同左	1997年発布 2006年改訂 12/17発効		2009年追加

注: 中国(一級)は自然保護区、中国(二級)は住宅・商業地区、農業地区、工業地区

# PM2.5関連の論文例(1)

表題:「北京典型汚染過程PM2.5的特性和来源」

王志娟（北京工业大学）ら 环境污染与防治 Vol35 No.1（2013）

大気浮遊物の17元素及び3イオン種を分析しFe基準の地殻元素比で規格化して統計分析  
⇒ 元素別の濃縮度で4類型化可能

Gr.1 Zn,As,Cd,Pb,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,SO<sub>4</sub><sup>-</sup>,SOC

← 石炭燃焼

Gr.2 Na,Mg,Al,Ca,Ti,Fe

← 土壤、都市砂塵

Gr.3 Cr,Co,Ni

← 自動車

Gr.4 Mn

← 生物物質

1. スモッグ天候時はGr.1元素濃縮度大。地殻由来のGr.2元素は黄砂天候時より小。
2. スモッグ天候時はNH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>とSOC濃度大。二次汚染大が特徴。
3. 北京市の冬春季のPM2.5の主要発生源は、石炭燃焼、工業排気、二次転化、自動車排気等。スモッグは大気中の二次転化が大きく寄与。

## PM2.5関連の論文例(2)

**表題:**「武汉市冬夏季大气PM2.5浓度及其烃类化合物的变化特征」

周家斌（武汉理工大学）ら *安全与环境学报* Vol.12 No.5（2012）

大気浮遊物中のn-アルカン、ホパン・ステラン類、多環芳香族炭化水素(PAHs)等を測定し、地質学や生物地球化学の知見を基にPM2.5の発生源を考察。

**n-アルカン** → CPI(Carbon Predominance Index) 奇数炭素ALと偶数炭素ALの比。

高等植物ワックス→ >5 に対し 石油起源ワックス→  $\approx 1$

測定結果 夏季 1.5~2.9

冬季 1.1~2.5

**ホパン、ステラン類** →多環化合物で分子マーカー の一種。大気中に検出されるこれらは化石燃料に由来する。

測定結果 夏季 0.28~1.25 ng/m<sup>3</sup>

冬季 0.78~8.42 ng/m<sup>3</sup>

**多環芳香族炭化水素(PAHs)** →ナフタレン等16種 の化合物をGC/MSで定量。これ等のうち特定のPAHの比率は排出源に由来し特定可能である。

測定結果 夏季 0.2~3.4ng/m<sup>3</sup>(av2.0)

冬季 0.9~29.6ng/m<sup>3</sup>(av11.8)

⇒ 冬季は夏季よりも人為的要因（石炭燃焼、自動車）のウェイトが高く、これらが主要汚染源と結論。

# 論文紹介(5) 中国の国内環境事件

安莹, 李生才 (北京理工大学)      安全与环境学报      VOL13 每号

「環境事件」とは以下の6項目の災害をいう。

1. 沙尘天气 (砂嵐、黄砂、スモッグ、PM2.5)
2. 汚染事件 (環境汚染)
3. 地震事件 (地震)
4. 山体滑坡和泥石流事件 (地滑り、土石流)
5. 旱灾 (日照り被害、旱魃)
6. 其他自然灾害 (洪水、竜巻、雷撃、冷害等)

## 2012年7月から2013年6月までの国内汚染事件

	2012						2013						計
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
件数	17	11	8	8	12	6	9	6	11	11	10	3	112

- ・ 112件のうち100件が水汚染に係る事件。
- ・ 水汚染以外の12件の内訳は、  
広域悪臭、ローリー事故による薬品大量漏洩、スモッグ(PM2.5)、オキシダント、工場からの有毒ガス漏洩、等。

# 2013年7-8月国内環境事件（全21件からの抜粋）

安全と環境学報 VOL13 No. 5 より

- 7/4 河北省青县 子牙新河が汚染され**紅く染まった**。
- 7/5 广东省惠东县 追突でタンクローリーから**25トンのトルエン**が洩れ、農地保護区の小川に流れ込んで周辺の野菜畑が汚染された。
- 7/6 広西省賀州市 賀河が**タリウムとカドミウム**で汚染され大量の魚の死がいが出た。
- 7/6 南京市 溧水区の養魚池に大量の**養豚場の汚水**が流れ込んだ。
- 7/9 山東省臨沂市 一地区の飲用水が**黄色**くなって味が変わり、住民の飲用水確保ができなくなった。**重金属汚染の疑い**がある。
- 7/9 湖南省瀏阳市 **鉱業所の汚水**が洩れ、灌漑用水が汚染された。
- 7/24 山東省萊西市 河水が汚染され、**2万尾の魚が死んだ**。
- 7/24 広西省北流市 分水村の数十人の住民が**中毒症状**を呈した。水源が**農薬で汚染**された可能性が大きい。
- 8/1 合肥市 貯水池が**黒色の汚染土**で汚染された。
- 8/5 四川省徳阳市 石亭江大橋の川岸と川面が**大量の白い泡沫**で覆われた。
- 8/18 武汉市 蔡甸区后官湖の湖面に突然**大量の緑色の油状の粘着物**が出現した。
- 8/26 昆明市 明通河が汚染で**白く変色**した。

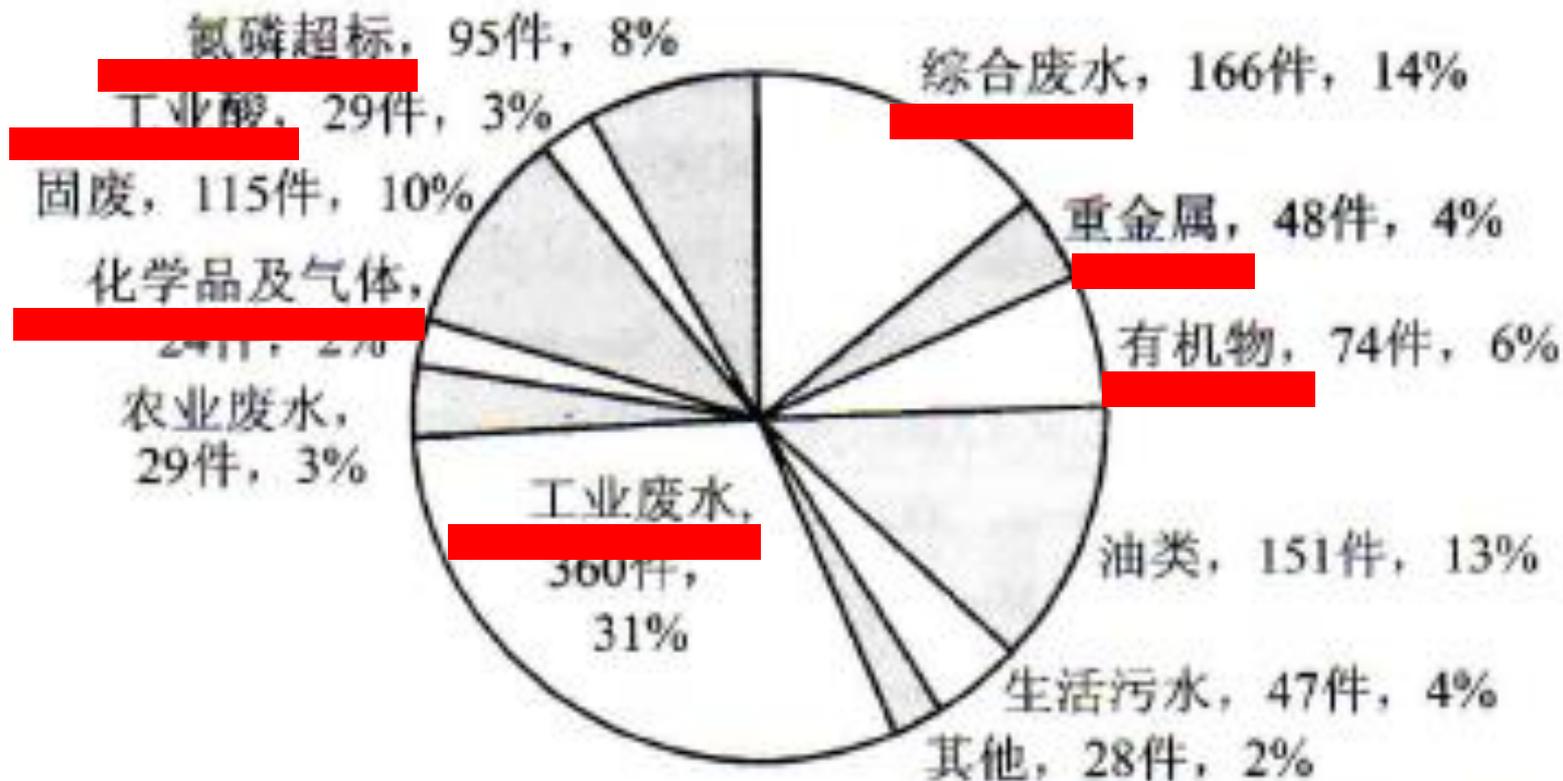
7-8月計 21件

情報源は大半がネット局（人民网，新华网，中国新闻网，中国地震台网，南方新闻网，广西新闻网，苏州新闻网，四川新闻网 等等。）

# 2000-2011国内重大突発性水汚染事件(1)

艾恒雨ら (哈尔滨理工大学) 安全与环境学报 Vol.13 No.4 (2013)

## 事件件数および内訳(総件数 1,176件)



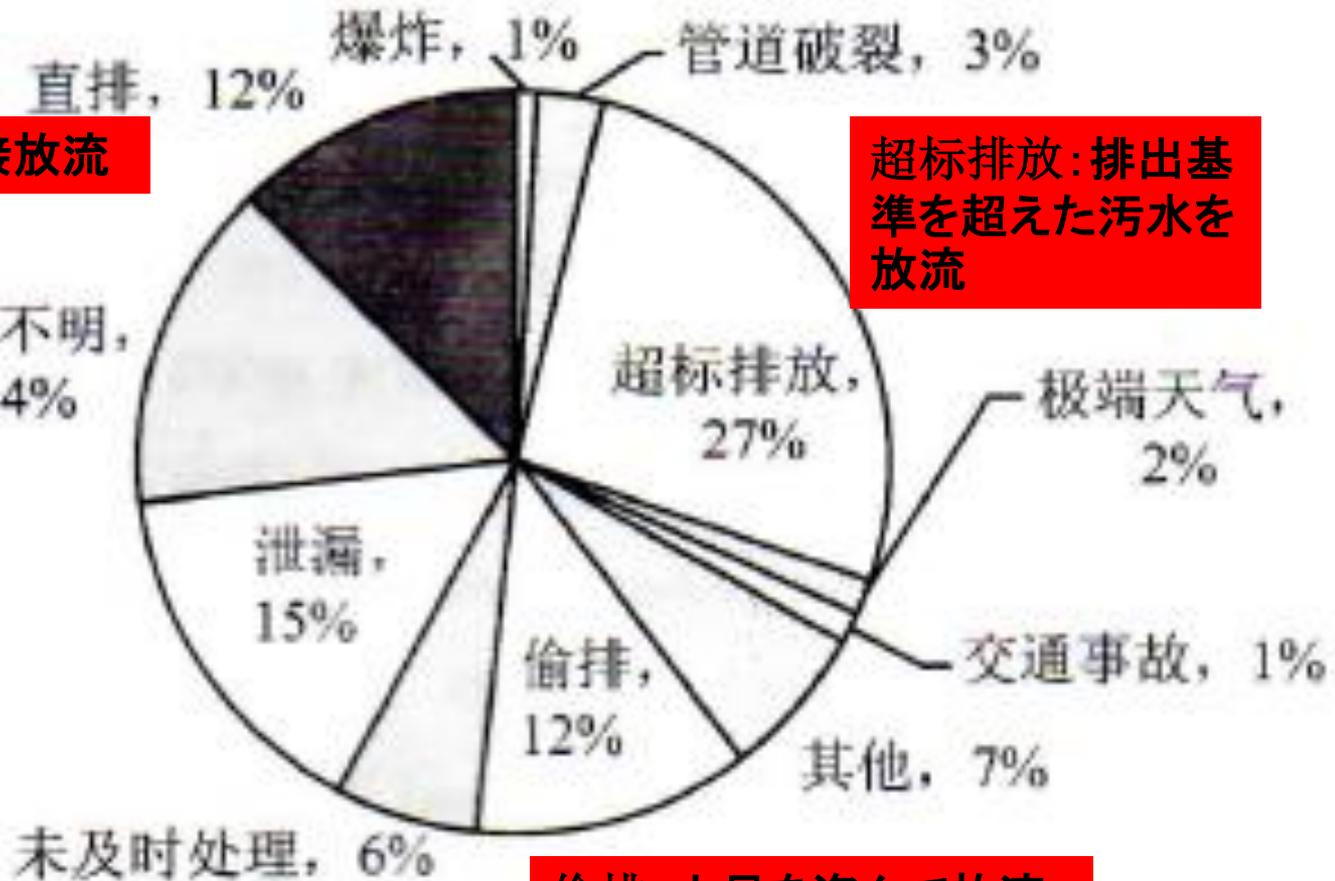
2000—2011年重大突发性水污染事件污染源统计分析

# 2000-2011国内重大突発性水汚染事件(2)

## 事件の原因

直排: 直接放流

超标排放: 排出基準を超えた汚水を放流



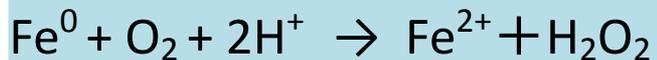
偷排: 人目を盗んで放流

2000—2011年重大突发性水污染事件污染方式统计

現代中国で活発に研究され工業化されている技術

# (1) 鉄を利用した廃水処理プロセス

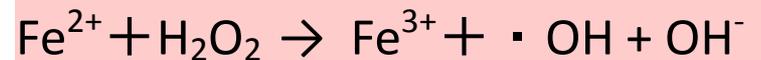
## 還元反応



設備簡単。安価。屑鉄使用可。  
有機物の分解作用は力不足。  
BOD/COD比の改善効果あり。  
微生物処理の前段に利用。

Fe

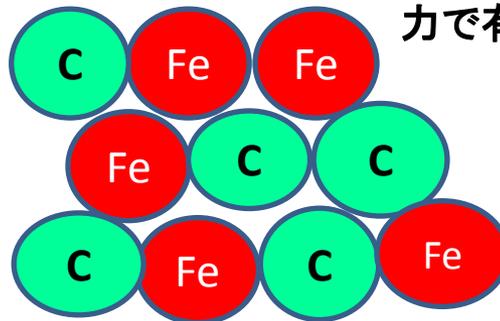
## Fenton酸化反応



水酸基ラジカル $\cdot\text{OH}$ の非常に強い酸化力  
で有機物を分解。

## 微電解

(Micro-electrolysis)



局所的な電池を形成。局所的な電場と電極反応とFeイオンの反応で有機物を分解。

# 鉄を利用した廃水処理(2) 微電解

## 研究報告例

- (1) 「**Fe-Cu-C 三元微電解**-Fenton酸化深度処理含油废水的研究」  
曹雨平ら（常州大学） *环境污染与防治* Vol34 No.12 (2012)
- (2) 「**鉄炭微電解**-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法降解二甲基甲酰胺\*废水」 \*ジメチルホルムアミド  
钟先錦ら（巢湖职业技术学院） *环境污染与防治* Vol34 No.1 (2012)
- (3) 「Fenton试剂强化**微電解**工艺预处理难降解含氰农药废水」  
陈月芳ら（北京科技大学） *化工环保* Vol32 No.4 (2012)
- (4) 「Fenton强化**微電解**工艺处理靛蓝\*牛仔布印染废水研究」 \*インデゴ  
杨 林ら（山东农业大学） *安全与环境学报* Vol12 No.3 (2012)

## “微電解”(Micro-electrolysis)の実験方法(上記論文(1)より)

鉄屑： 某工場の廃鉄屑(粒径1~3mm)。使用前に塩酸と苛性ソーダ溶液で洗浄する。

活性炭： 市販の顆粒活性炭(粒径3-5mm)。事前に処理廃水に浸漬して飽和吸着させる。

銅屑： 粒径1~2mm。

試験廃水： 某石油化学工場の石油精製廃水を油水分離と空気浮上法で処理後の廃水。

実験手順： Fe/C重量比を2とし、Cuを一定量ずつ加えて均一に混ぜ、その40gを1Lビーカーに取り、廃水500mlを加え、pHを4に調整し、下部より空気を微泡化して供給する。

# 鉄を利用した廃水処理(3)

## Fe/Cu/C三元系微電解

### Fe/Cu/C 比の除去率への影響

初期pH=4 反応時間60min

Fe/Cu/C	除油率/%
2 : 3 : 1	43.2
2 : 2 : 1	48.5
2 : 1 : 1	56.7
2 : 0 : 1	40.6
2 : 1 : 0	32.4

### 反応時間の影響

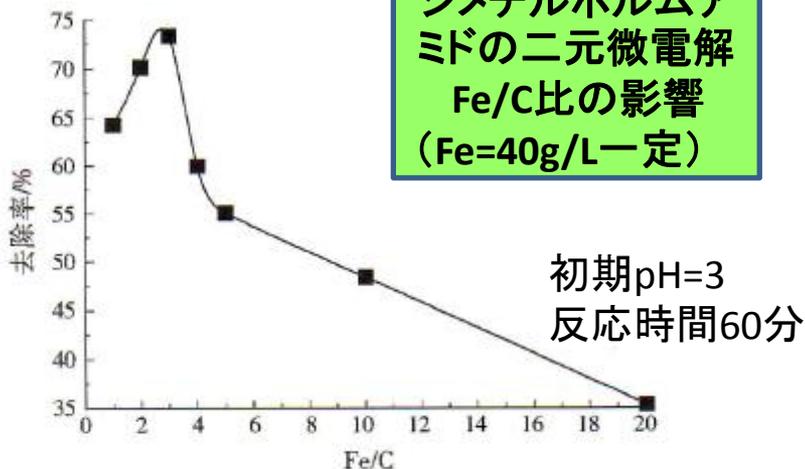
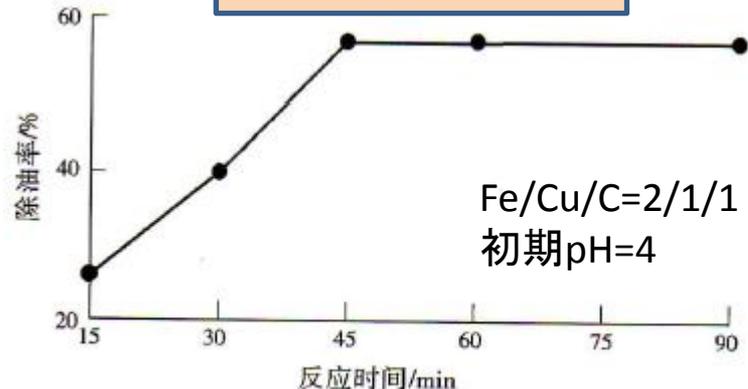
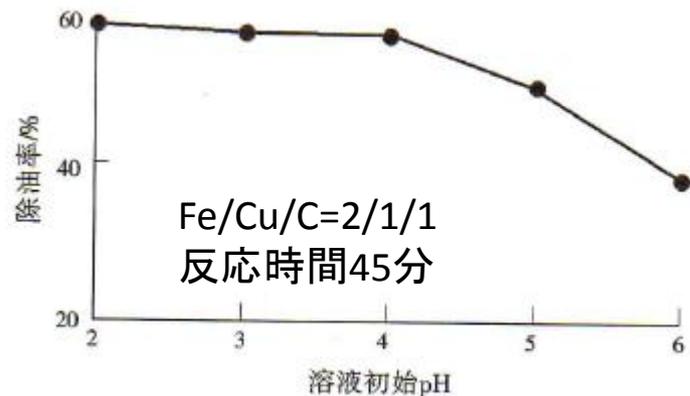


图3 Fe/C对DMF去除率的影响

### 初期pHの影響



## 鉄を利用した廃水処理(4) Fenton酸化プロセス

### (1) Fenton法对合成制药废水的预处理试验研究

赵德龙 (西南科技大学) 安全与环境学报 Vol.12 No.2 (2012)

### (2) 大孔树脂吸附-Fenton试剂氧化法预处理含邻苯二甲酸二异丁酯\*废水

王海玲 (南京工业大学) 化工环保 Vol.32 No.3 (2012)

### (3) Fenton试剂氧化-原水调节出水 pH法预处理碱性印染废水

崔家琪 (华南理工大学) 化工环保 Vol.32 No.5 (2012)

### (4) Fenton氧化水中间氯硝基苯\*\*的动力学与机制研究

李炳智 (上海市环境科学研究院) 环境与污染防治 Vol.35 No.6 (2013)

\*フタル酸ジイソブチル

\*\*クロロニトロベンゼン

ほか多数

### Fenton酸化反応に関する論文は非常に多い(24報/全551報)

- 利点:
- ・特殊な設備を要しない。(設備が安い)
  - ・反応条件が温和で危険性が小さく運転操作が容易である。
  - ・多くの汚水に対して処理効率が高く、二次汚染の心配がない。
- 欠点:
- ・H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の利用効率が低く運転コストが高い。
  - ・廃水によってはpH調整のための薬品代が無視できない。

# Fenton酸化プロセスの成績例

	処理前 COD mg/L	初期 pH	反応時間 hr	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 添加 量 ml/L	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /FeS O <sub>4</sub> モル比	処理后 COD mg/L	COD除去 率 %
フタル酸エステル 廃水	12,000	4	1.5	70	4	4,200	65
製薬(抗生物質) 廃水	488	3	3.0	10	5	135	72
コーキング廃水	143	-	-	2,500	4.2	36	75
合成製薬廃水	20,180	3	1.0	20	50~100	6,460	68
インディゴ染色廃 水	968	5	1.0	3,000	ミクロ電解 との組合せ	160	84

- (1) 廃水の初期pHは 3~5
- (2) 反応時間は1~2時間が多い。
- (3) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>添加量とFe<sup>++</sup>塩の添加量は汚染物によって異なるようである。
- (4) COD除去率は汚染物によるが概ね70%前後。
- (5)  仕上げのCOD除去工程が必要な場合が多い。

## Fe/空気系の可能性を求めて

「Fe<sup>0</sup>/O<sub>2</sub>体系产生H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和·OH等活生氧化剂的研究进展」

李骋ら，（同济大学） 环境污染与防治 Vol.34 No.10 (2012)

Fe<sup>0</sup>/O<sub>2</sub>系の反応機作

(李 骋らの論文から)

Fe<sup>0</sup>/O<sub>2</sub>系で生成するH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>と·OHを安定して増やせる方法を模索。

複合金属酸化物(POM)、錯化剤、第二金属(担持、ナノ化)

# Fe/O<sub>2</sub>系における酸化剤発生強化

## 提案されている機作の例

### POM(多価金属酸化物)の例

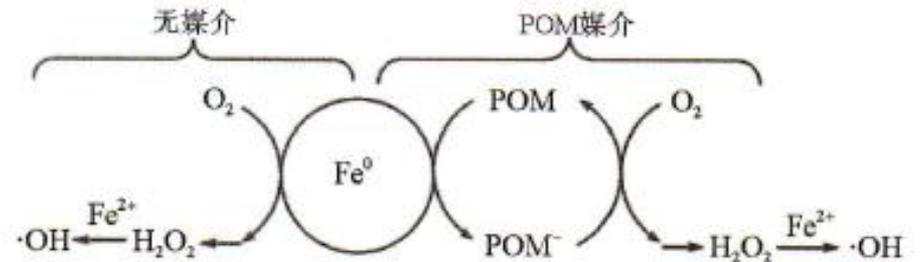
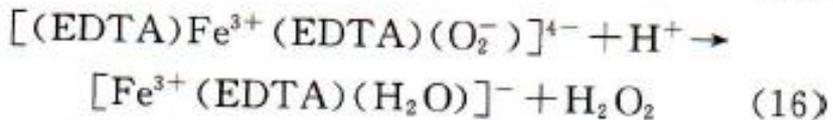
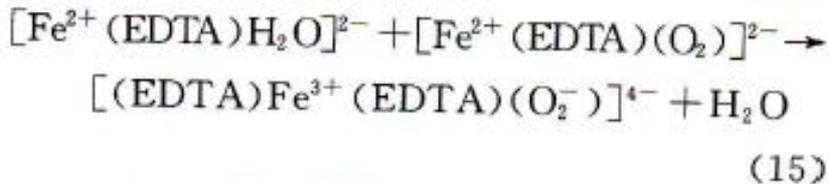
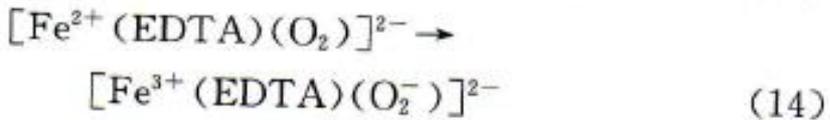
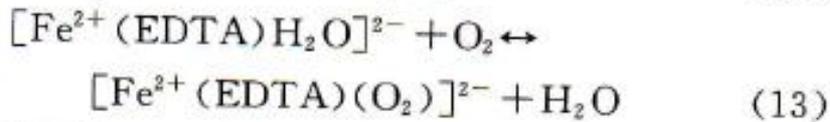
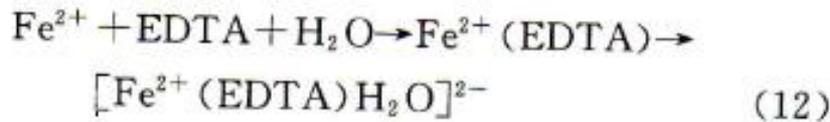


图1 POM 强化Fe<sup>0</sup>/O<sub>2</sub>体系氧化的机制

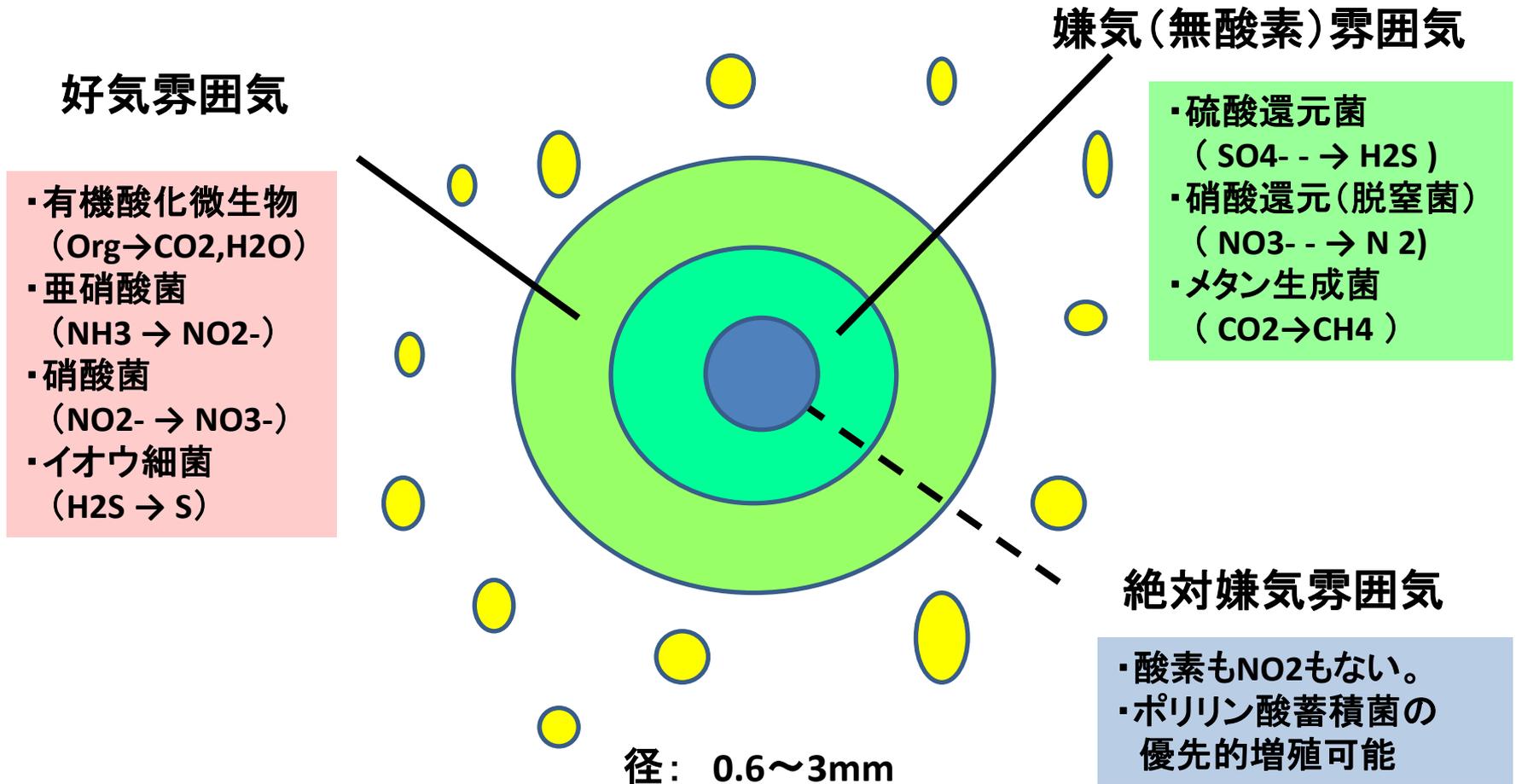
Fig. 1 Proposed mechanism for the POM-mediated oxidation in zerovalent iron system



### ← キレート剤(EDTAの場合)の例

## (2) 顆粒状汚泥による廃水処理

### 顆粒状汚泥模式図



# 顆粒状汚泥による廃水処理

## 研究報告例

### (1) 「好氧顆粒汚泥技術處理味精廢水」

趙晴ら（河南工業大學） 化工環保 Vol.32 No.4（2012）

### (2) 「用味精生產廢水培養好氧顆粒汚泥」

王震ら（鄭州大學） 化工環保 Vol.33 No.1（2013）

### (3) 「好氧顆粒汚泥處理增塑劑生產廢水」

張偉ら（江蘇科技大學） 化工環保 Vol.33 No.3（2013）

### (4) 「應用 16S rDNA 克隆文庫解析好氧顆粒汚泥細菌菌群多樣性」

劉風華ら（中國環境科學研究院） 環境污染與防治 Vol.35 No.7（2013）

### (5) 「Ce<sup>+++</sup>對好氧顆粒汚泥培養的影響」

金雪瓶ら（南京工業大學） 化工環保 Vol.33 No.2（2013）

## 好気性顆粒状汚泥プロセスの特長

- 特長**
- 反応器内に同時に好気、嫌気、絶対嫌気環境が存在。
  - 多種類の微生物が生態的な共同体を形成。
  - 外界環境の変動に強く、高汚染負荷に耐えられる。

- (1) 顆粒状汚泥(グラニューール汚泥)は、日本ではUASB法などの嫌気性廃水処理プロセスで注目された。
- (2) 中国では従来の好気性活性汚泥を効率化するプロセスとして注目されている。
- (3) 既存の設備を大きく改造せずに、CODだけでなくNH<sub>3</sub>-Nの除去効率も安定して高めることができる。廃水中のリンの除去の改善にも効果がある。
- (4) 中国では多くの専門家から今後の主流技術になると言われている。

### 通常活性汚泥と顆粒状汚泥の比較 グルタミン酸ソーダ製造廃水(論文(1))

	COD負荷 (kg/m <sup>3</sup> /d)	運転周期 (hr)	COD除去 率 (%)	NH <sub>3</sub> -N除 去率 (%)	T-N除去 率 (%)
通常活性汚泥SBR	0.2	11	≥ 85%	≥ 95%	≥ 60%
顆粒状汚泥SBR	2.4	6	≒ 90%	≥ 99%	≥ 85%

# 顆粒状汚泥による廃水処理

## 好気性顆粒汚泥の構造

培養方法： 培養は3段階に分けられる。(王らの論文(2))

1. 始動期 曝気サイクルと沈降時間を長くして汚泥濃度を保つ。
2. 出現期 徐々に操作サイクルを短くする。大量の細かい好気性顆粒汚泥が発生し、顆粒化が進展する。
3. 成熟期 有機物負荷を上げる。顆粒が稠密になり充実する。

接種汚泥は嫌気性汚泥でも好気性汚泥でも可。出現期までの時間に差がありそう。

好気性顆粒汚泥のSEM写真(刘风华らの論文(4))

接種培養80日後。粒径2~10mm、球形灰色。糸状菌が主構造を作っており内部は中空。  $SVI \approx 20 \text{ mL/g}$

培養40日後のSEM写真

(金雪瓶らの論文(5))  
顆粒表面には原生動物が付着。桿菌と球菌が主体。  $SVI \approx 42 \text{ mL/g}$



(a) 好氧顆粒汚泥内部



(b) 好氧顆粒汚泥切面

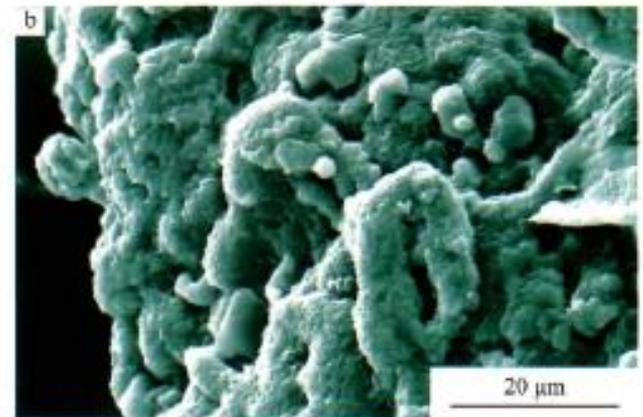


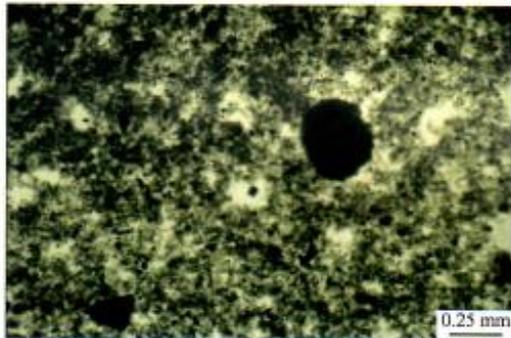
图1 SBR1 (a) 和SBR2 (b) 中顆粒汚泥的SEM照片

# 顆粒状汚泥による廃水処理 好気性顆粒汚泥の成長とCOD除去効果

## 顆粒汚泥の成長



a 接种汚泥



b 运行15 d后的汚泥

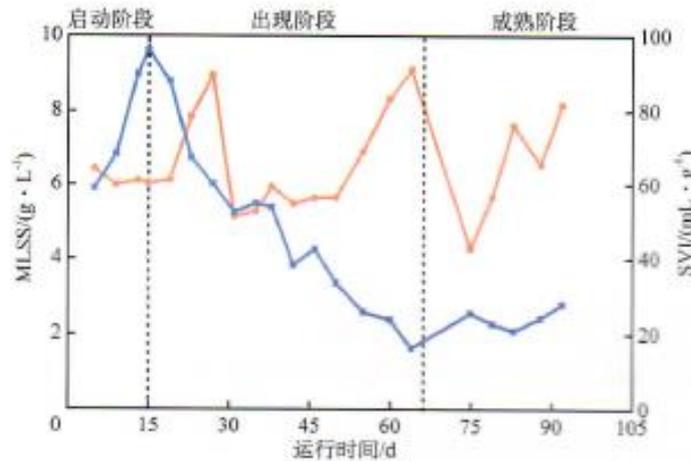


图3 颗粒化过程中MLSS和SVI的变化

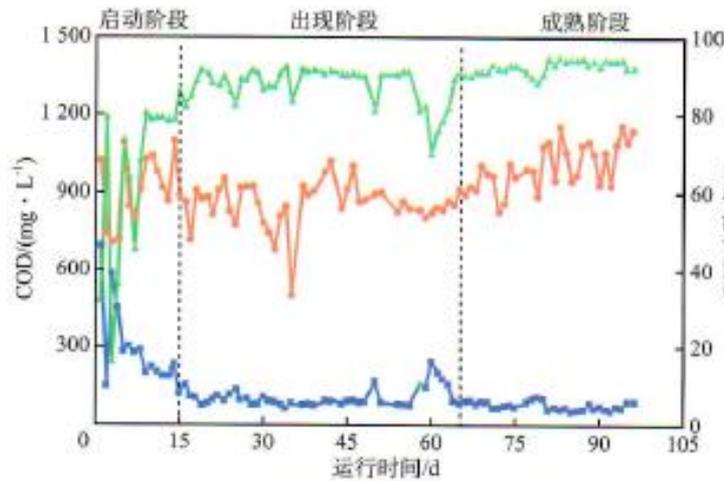
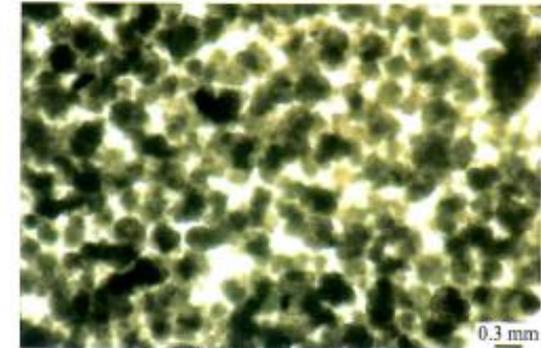


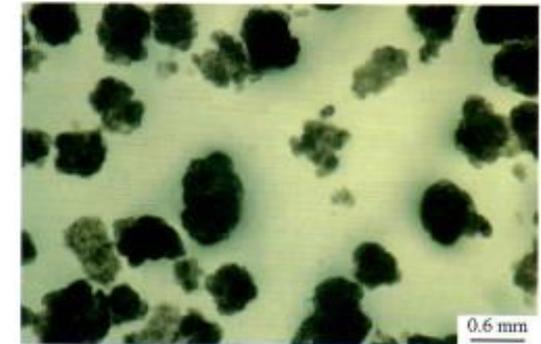
图4 培养过程中COD的去除效果

● 进水COD; ■ 出水COD; ▲ COD去除率

MLSS: Mixed Liquor Suspended Solid (g or mg)/L  
SVI : Sludge Volume Index (ml/g汚泥)



c 运行65 d后的汚泥



d 运行95 d后的汚泥

# 顆粒状汚泥による廃水処理

## 好気性顆粒汚泥の成長と窒素除去効果

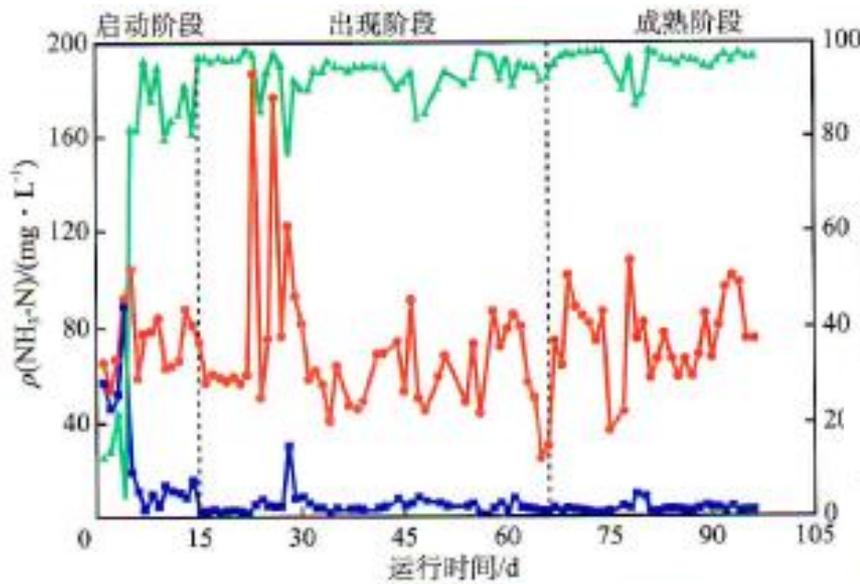


图5 培养过程中NH<sub>3</sub>-N的去除效果

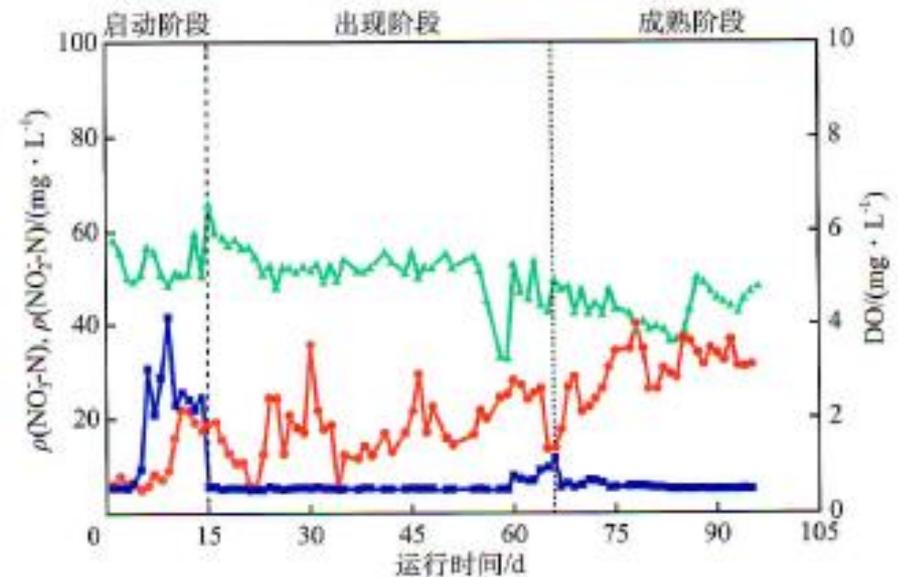


图6 培养过程中 $\rho(\text{NO}_3^--\text{N})$ 、 $\rho(\text{NO}_2^--\text{N})$ 和DO的变化

● 进水 $\rho(\text{NO}_3^--\text{N})$ ；■ 出水 $\rho(\text{NO}_2^--\text{N})$ ；▲ DO

# 「大気十条」 — 中国の「大気汚染防止行動計画」 —

2013年1月に発生したPM2.5事件を踏まえ、2013年9月10日に国務院から総合的な大気汚染防止行動計画(通称:大気十条)が公布された。

“全力落实《大气十条》让人民群众享有更多蓝天白云”

中国における環境と発展国際協力委員会での 環境保護部 周生賢部長の講話の表題

(2013年11月13日)

“(和訳) 全力で《大気十条》を実行し、国民すべてにより多くの青い空と白い雲を与えよう。”

环境污染与防治 Vol.35 No.11 (2013) 卷頭文

具体的な目標(達成期限2017年末):

1. 地級市のPM10濃度を2012年比で10%以上低下させる。
2. 京津冀(北京、天津、河北省)、長江デルタ、珠江デルタ等のPM2.5濃度をそれぞれ25%、20%、15%低下させる。
3. 北京市のPM2.5の年間平均濃度を60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にする。

# 大気十条 一深刻化する大気汚染一



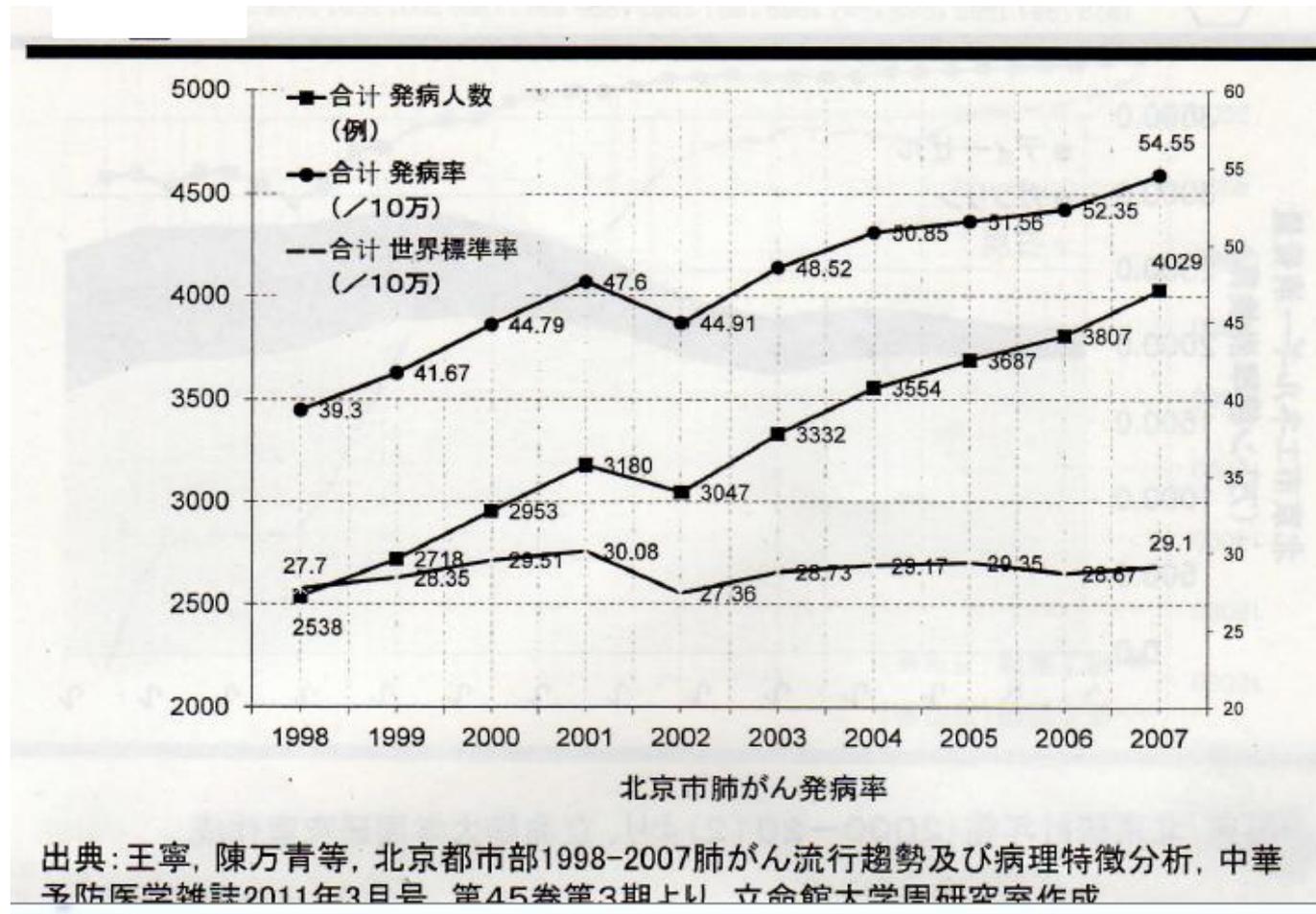
写真上： 2013.1.14 安徽省阜陽市  
朝の濃霧の中での太極拳

写真右： 2013.1.31 北京市内  
午前10時でもヘッドライト点灯



# 大気十条 一顕在化してきた健康被害一

## 北京市の肺がん発病人数と発病率の推移



## 大気十条(2)

1. 総合対策を強化し、多種汚染物質の排出を減らす。
2. 産業構造を調整・最適化し、産業のアップグレードを推進する。
3. 企業の技術革新を加速し、科学技術イノベーション能力を高める。
4. エネルギー構造改革を加速し、クリーンエネルギー供給を増やす。
5. 省エネ環境保護市場参入条件を厳格化し、産業の空間配置を最適化する。
6. 市場メカニズムの作用を発揮させ、環境経済政策を改善する。
7. 法体系を整備し、厳格に法に従って監督管理する。
8. 地域協力メカニズムを構築し、地域環境対策を統合的に計画する。
9. 監視・早期警報・緊急対応体系を構築し、重汚染天気に適切に対応する。
10. 政府と企業の社会的責任を明確にし、全人民を環境保護に動員する。

(訳文は東京財団のホームページより引用)

各条にそれぞれ3~4項目、全部で**35項目の具体的指針**が付されている。

# 大気十条(3)

- 地方級市市街地では10t/h以下の石炭ボイラを廃止し、20t/h以下の石炭ボイラ新設を禁止する。
  - 重点企業の脱硫・脱硝・除塵設備建設を加速する。20t/h以上の石炭ボイラは全て脱硫装置を設置し、石炭燃焼設備は全て脱硝設備を設置する。
  - VOCs汚染対策を推進する。ガソリンスタンドやタンクローリー、原油・精製油埠頭のガス回収対策を徹底する。
  - 移動源汚染対策として燃料油品質を高める。
    - 現在の品質は国Ⅲ基準。イオウ分(ガソリン:150ppm、ディーゼル油:350ppm)
    - 2013年末 国Ⅳ基準ガソリン(イオウ分50ppm以下)全国供給。
    - 2014年末 国Ⅳ基準ディーゼル油(イオウ分50ppm以下)全国供給。
    - 2015年末 国Ⅴ基準ガソリン(イオウ分10ppm以下)とディーゼル油(イオウ分10ppm以下)を京津冀、長江デルタ等の重点都市に供給。
    - 2017年末 国Ⅴ基準ガソリンとディーゼル油を全国に供給。
- 但し、自動車用以外のディーゼル油規格は現状イオウ分2,500ppmで、この計画では触れられていない。(cf 日本ではガソリン・軽油ともに10ppm以下)

## 大気十条(4)

- 老朽車両の廃棄を加速する。**黄ラベル車(2005年以前登録の営業車)**を、2015年に京津冀、長江デルタ、珠江デルタで500万台、**2017年には全国範囲でほぼすべてを廃棄する。**
- 高汚染・高エネルギー消費業種の**生産設備増強を厳格に規制する。**
- **旧式生産設備の廃棄を加速する**
- 過剰生産設備を圧縮する。省エネ環境保護基準によって**過剰設備の退出メカニズム**を構築する。
- 石炭消費総量を抑制する。2017年にエネルギー総量に占める比率を**65%以下に低下**させる。京津冀、長江デルタ、珠江デルタ地域の新規プロジェクトには**自家石炭火力発電所の併設を禁止**する。  
.....
- 国は、毎月、大気質のワースト10都市とベスト10都市を公表する。
- 国務院は**考課規則を制定**する。2015年に中間評価を、2017年に終了時考課を行い、**結果を公表し、指導チームと指導幹部の総合評価の重要根拠とする。**