

DF関西勉強会

「我々に身近な水の高度処理について」

—「以毒制毒」の事例紹介—

令和2年6月23日

中村 洋明

研究テーマ：MOT(技術経営)

主研究対象分野：航空宇宙、環境、MEMS、新規事業、技術者倫理

MEMS：Micro Electro Mechanical System (微細電子機械システム)の略

“水は命の源”

水の高度処理(水道の場合、高度浄水処理)とは：

三次処理ともいう。標準的な工程である一次処理、二次処理に加えて、更に必要に応じその後に行われるのが高度処理である

一次処理、二次処理の構成プロセス代表例

上水：沈砂、沈殿、砂ろ過、活性炭処理、塩素消毒

下水：沈砂、沈殿、曝気、砂ろ過、塩素消毒

し尿：脱窒・硝化、沈殿、砂ろ過、塩素消毒

高度処理プロセス例

オゾン、UV、膜、生物処理

ここで述べる「高度処理」の対象とは？

上水

下水

し尿

プール

ここで述べる「以毒制毒」の毒とは？

「以毒」の毒とは：

- * オゾン(O₃)
- * 紫外線(UV)

「制毒」の毒とは：

- * 各種病原生物(ex. ウイルス、細菌類、原虫)
- * 有機物質、特に難分解性有機物質
(ex. ダイオキシン、環境ホルモン)
- * 消毒副生成物(ex. トリハロメタン)

〔本講演のバック・グラウンド〕

- 幹部候補生のローテーションにより、新規事業である環境ビジネスの立上げに参画し、プロジェクトチーム(25名)のチーフとして2年余悪戦苦闘した。

専門面では、機械系の間人が、強電、制御、無機・有機化学の分野に対峙せざるを得なかった。

(・・・15年経過・・・)

- 取締役就任後、環境機器事業の責任者として4年間従事し、ビジネスの再構築に向けて挑戦した。
- 全社の環境・設備管理部門の責任者として4年間従事した。
- 退職後現在に至るまで、「環境」関連の講演や講義を、「環境倫理」も含め、時折実施している。

環境とは？

【考えるべき対象】

- (1)水質 — 上水、中下水、し尿、産業排水、プール・風呂など
- (2)大気 — 排ガス、騒音など
- (3)土壌 — 主に地下水の汚染に関連
- (4)廃棄物（都市ゴミ、家電・食品・産業廃棄物など）
- (5)農水産物
- (6)工業製品
- (7)地球温暖化（＝省エネと考えてよい）
- (8)オゾン層

環境管理

【対象となる主な法律】－ 法令順守

- 大気汚染防止法 → 排ガスの成分分析と管理
- 騒音規制法 → 騒音の測定と管理
- 水質汚濁防止法 → 排水の水質分析と管理
- 廃棄物処理法 → 産業廃棄物の種類と発生量の管理
- オゾン層保護法 → フロン、トリクロロエタン対策
- PRTR法（化学物質排出把握管理促進法）
- 土壌汚染対策法
- 省エネルギー法

〔注〕青字：本講演に関係

水質管理の対象

各種病原生物、重金属、無機物質、有機物質、消毒副生成物
+ (プラス)

- 1) pH値
- 2) 味、臭気
- 3) 色度
- 4) 濁度
- 5) **TOC** (Total Organic Carbon、全有機炭素)
- 6) **COD** (Chemical Oxygen Demand、化学的酸素要求量)
- 7) **BOD** (Biochemical OD、生物化学的酸素要求量)
- 8) **DO** (Dissolved Oxygen、溶存酸素)
- 9) **SS** (Suspended Solids、浮遊物質)
- 10) その他

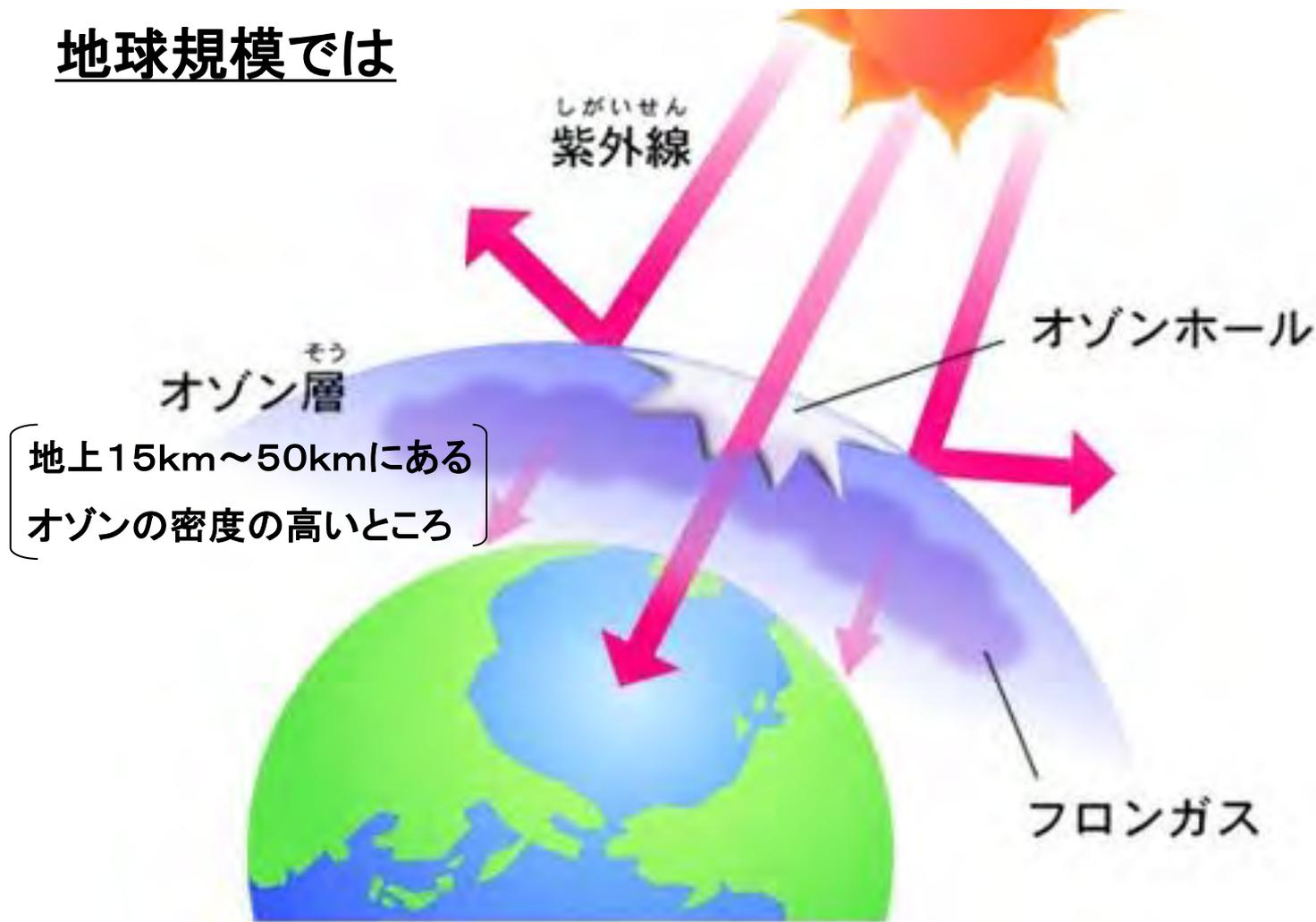
青字：特にオゾン処理が有効な対象

＜本日の内容＞

1. オゾン(O₃)と紫外線(UV)
2. 高度処理
 - 1) 上水
 - 2) 下水
 - 3) し尿
 - 4) プール
3. 更なる高度処理ー促進酸化処理(AOP)
4. 水処理ビジネス再構築に向けた挑戦
5. 取り組んだ「水処理を含む環境ビジネス」

1. オゾン(O3)と紫外線(UV)

地球規模では



オゾン(O₃)とは？

- 語源 ギリシャ語“Ozein”(臭う、嗅ぐこと)
- 分子式 O₃
- 分子量 48 (空気より重い)
- 性質 不安定な無色の気体で、分解して酸素分子と反応性に富んだ酸素原子に分かれる。
- 危険性 **吸い過ぎると死に至る(許容濃度 : 0.1ppm)**
- 感知場所 複写機、殺菌ランプ、電気溶接機、雷放電
- 発生法 紫外線照射、無声放電、電気分解

オゾン発生装置

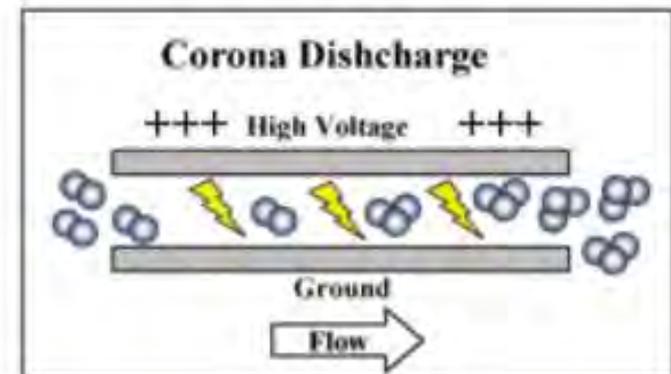
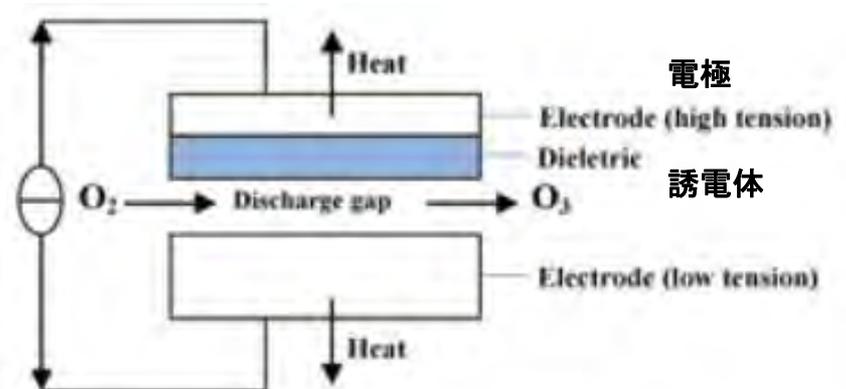
オゾン発生装置の方式

| | | |
|--------------------|------------------------|------|
| O ₃ 発生法 | 無声放電 | 電気分解 |
| O ₃ 原料 | 乾燥空気 or O ₂ | 水 |
| 構造 | 管型 or 板型 | ---- |
| 冷却方法 | 水冷 or 空冷 | ---- |

注1. 赤字が工業用装置の主流

注2. 空冷は板型に適用

無声放電方式によるオゾン発生メカニズム



工業用オゾン発生装置(本体部)

超大型オゾン発生装置

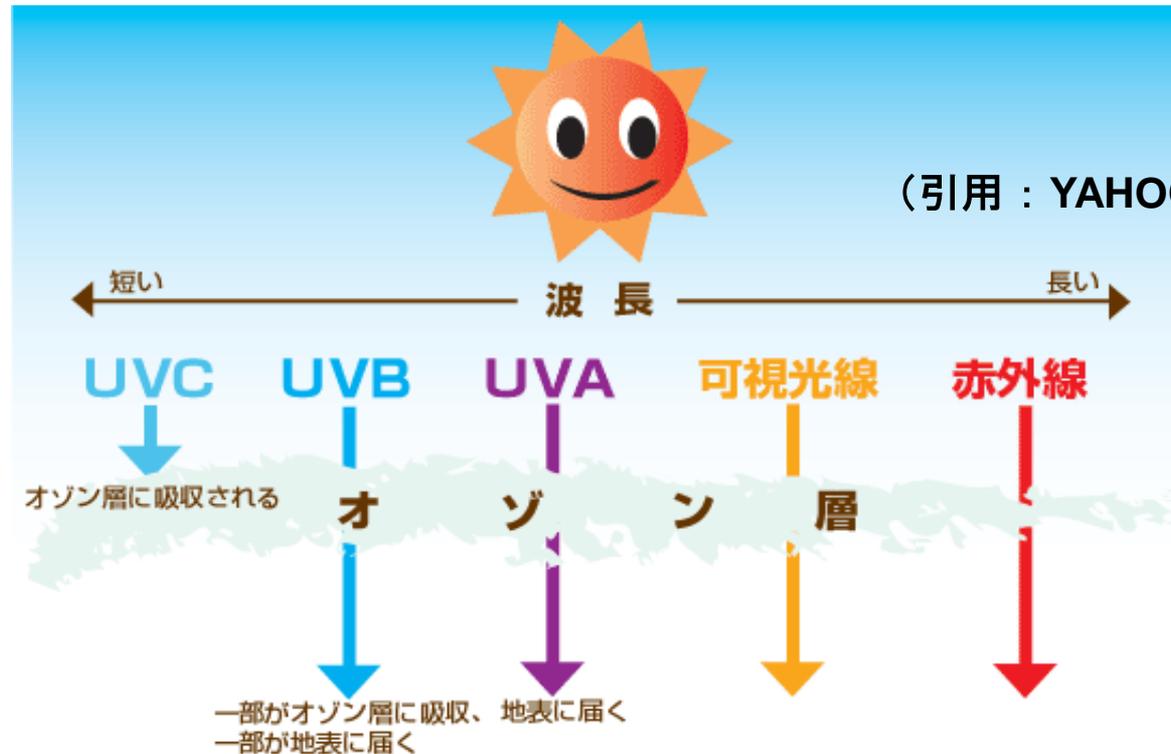
Oy MetsäRauma, Finland
Ozone production: more than
400 kg/h



Linde / Zellstoff- und
Papierfabrik Rosenthal, Germany
Ozone production: 110 - 160 kg/h

紫外線 (UV、Ultraviolet rays) とは？

- 可視光線の中で一番波長の短い紫色の光より更に波長の短い光



- 危険性 皮膚ガン、白内障などを誘発
- 発生法 紫外線水銀ランプ

工業用紫外線照射装置



(引用 : WEDECO社カタログ)
H.Nakamura

オゾンの効用

1) 消毒・殺菌効果 (> 塩素)

→ 上・中・下水、し尿、プール、クーリングタワー、食品など

2) 酸化力 (フッ素 > オゾン > 過酸化水素)

→ 上・中・下水、し尿、薬品、純水・半導体製造など

3) 脱色効果

→ 上・中・下水、し尿、産業排水、漂白など

4) 脱臭効果

→ 上・中・下水、し尿、排ガス、空気浄化など

紫外線の効用

消毒・殺菌効果（特に、波長254nmの紫外線）

→ 上・中・下水、産業排水、純水・飲料水製造、養殖など

《参考》消毒・殺菌用として多用される塩素と比較すると

- 残留性が無い
- 有害な副生成物を生じない
- 味、臭気、色を変えない

水の消毒方法の比較(まとめ)

| | 次亜塩素酸ナトリウム | オゾン | 紫外線 |
|-------------|----------------|-----|-----|
| 消毒効果 | ○ | ◎ | ○ |
| 残留性(消毒効果維持) | ○ | × | × |
| 対環境&副生成物 | × (トリハロメタン) | ○ | ○ |
| 対クリプトスポリジウム | × | ○ | △ |
| 設備費 | ◎ | △ | ○ |
| 維持費 | ◎ | △ | ○ |

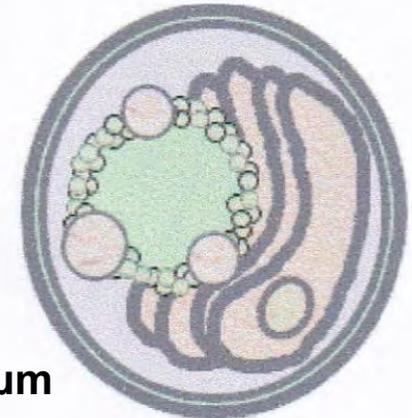
トリハロメタンとクリプトスポリジウム

トリハロメタン

- ・ 肝障害、腎障害を引き起こし、**発癌性**や催奇形性も疑われている。
- ・ 現行の浄化処理では除去しきれない有機物が消毒用の塩素と反応して生成される。オゾンはその有機物を分解するので、有効である。

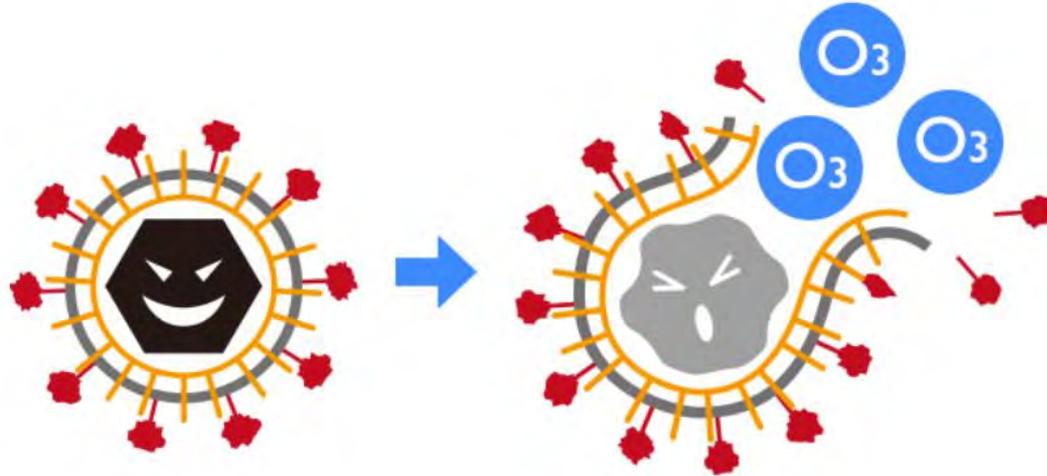
クリプトスポリジウム(原虫の一種)

- ・ 混入した水道水を飲んだ場合、集団感染(潜伏期間4~10日間を経た後激しい下痢、腹痛、嘔吐、微熱などの症状が7~14日間程度)を引き起こす。免疫不全者の場合、重症化しやすく死に至ることもある。
- ・ 牛、犬、猫、ネズミなどに感染が見られ、糞便とともに排泄された時点で感染能を持っている。
- ・ **強い塩素耐性を有する。**
- ・ 膜ろ過処理の導入、**オゾン**、**紫外線処理**の追加が有効である。



サイズ：4~6 μ m

余談(1) : オゾンと新型コロナウイルス



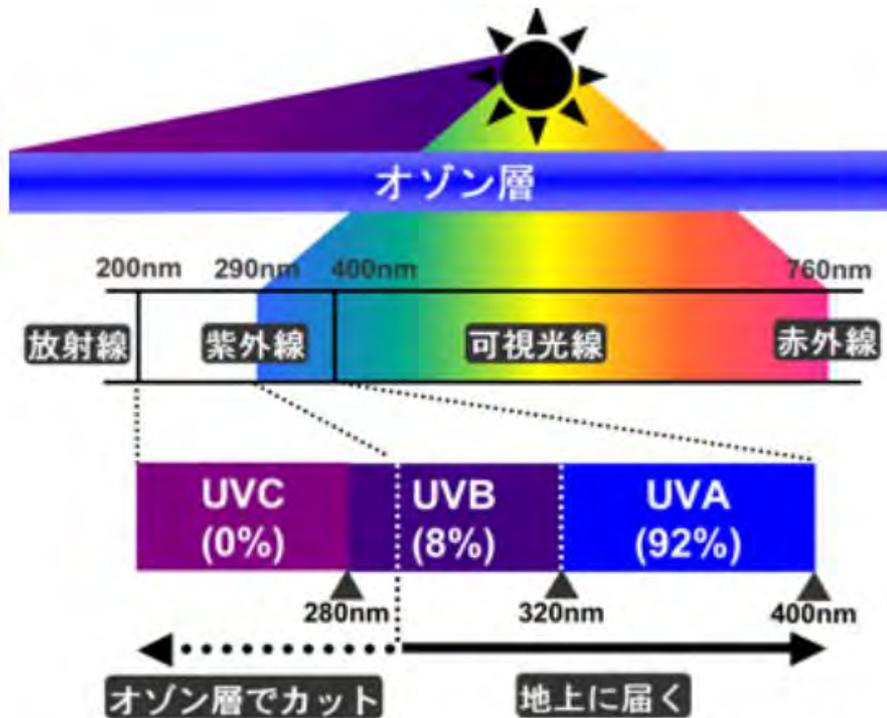
- 奈良県立医科大発表

CT値330(オゾン濃度6ppmで55分暴露)では1/1,000~1/10,000まで不活化
CT値60(オゾン濃度1ppmで60分暴露)では1/100~1/100まで不活化

- アルコール消毒よりも圧倒的に有効
- 気体オゾンは部屋全体に、オゾン水は部分的に使用が適切

余談(2) : UVと新型コロナウイルス

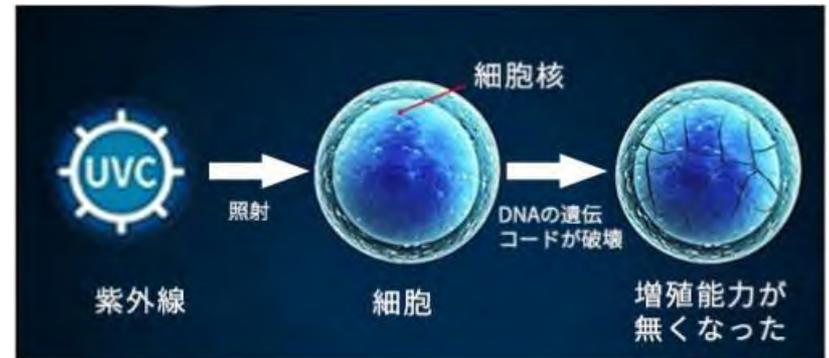
紫外線の波長範囲



遠紫外線(波長:222nm、人体無害)のウイルス死滅効果をコロンビア大学で検証中

H.Nakamura

紫外線「UV-C」殺菌の原理



航空機に特化した減菌ロボット



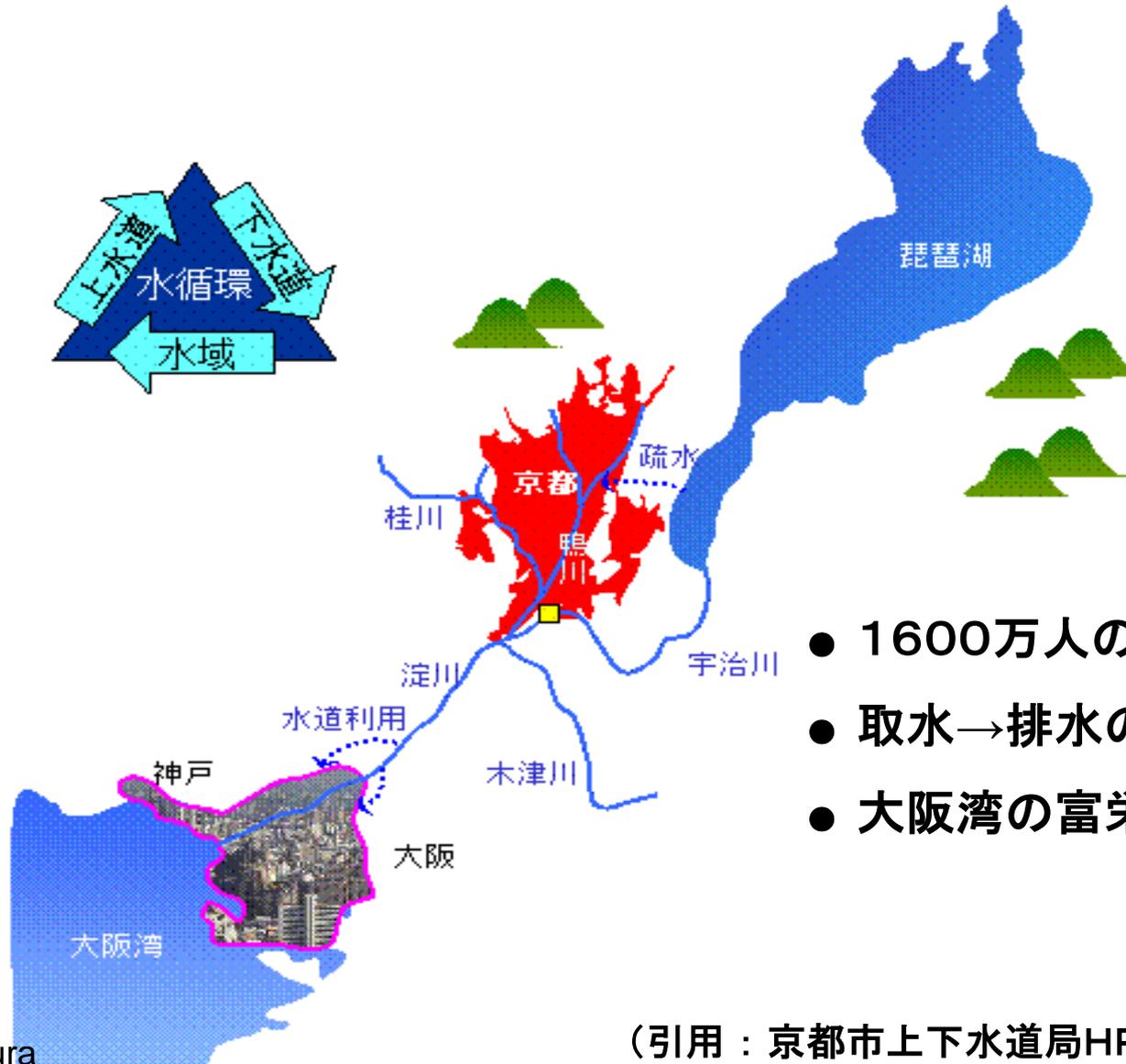
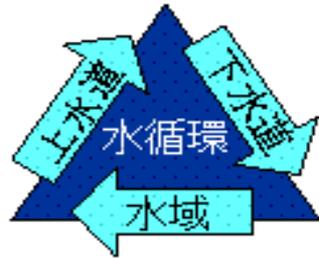
2. 高度処理

1) 上水



浄水場/大阪広域水道企業団

琵琶湖・淀川水系の水循環



- 1600万人の飲み水
- 取水→排水の反復利用
- 大阪湾の富栄養化も問題

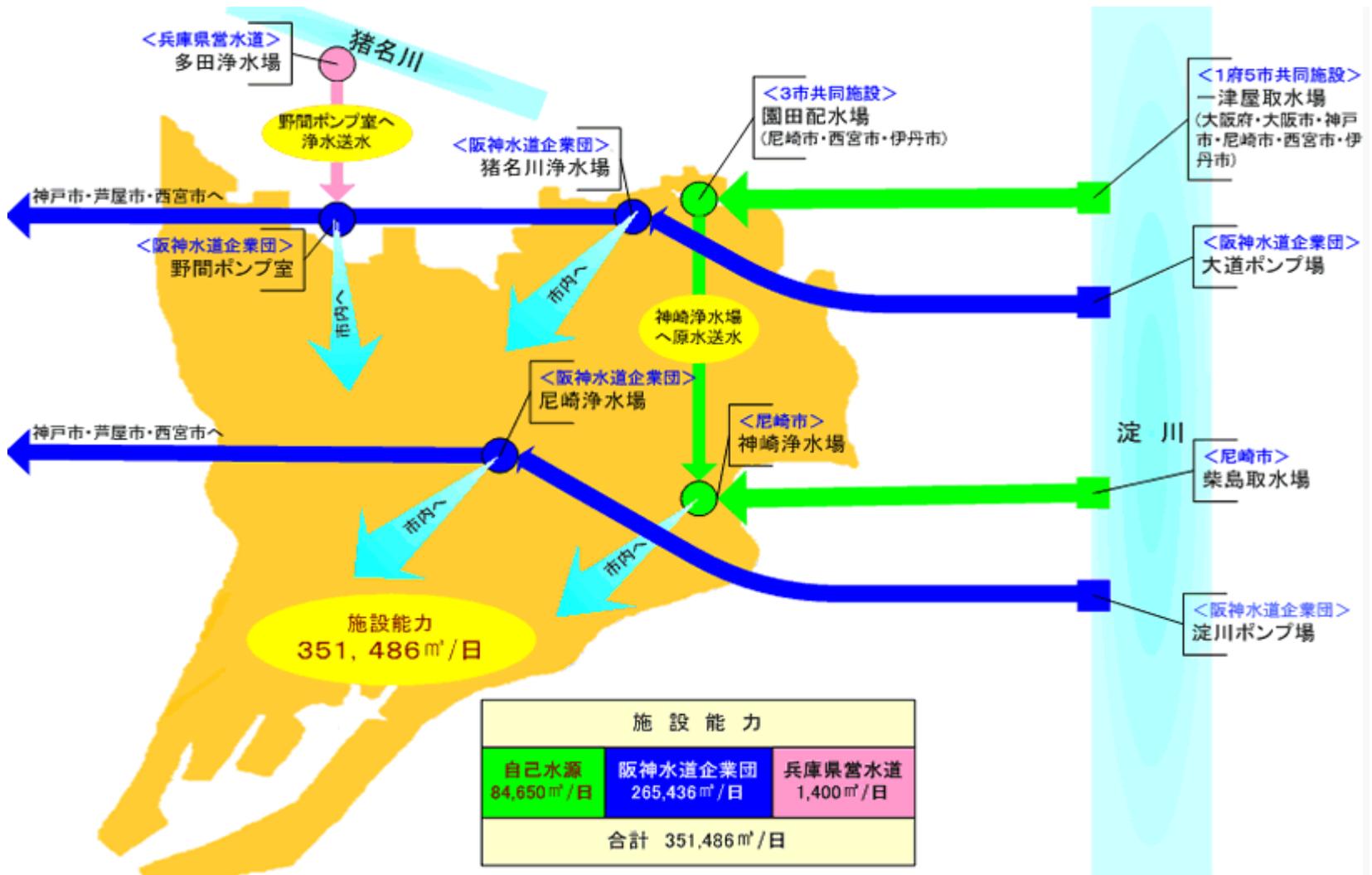
阪神水道企業団 — 施設概要 —



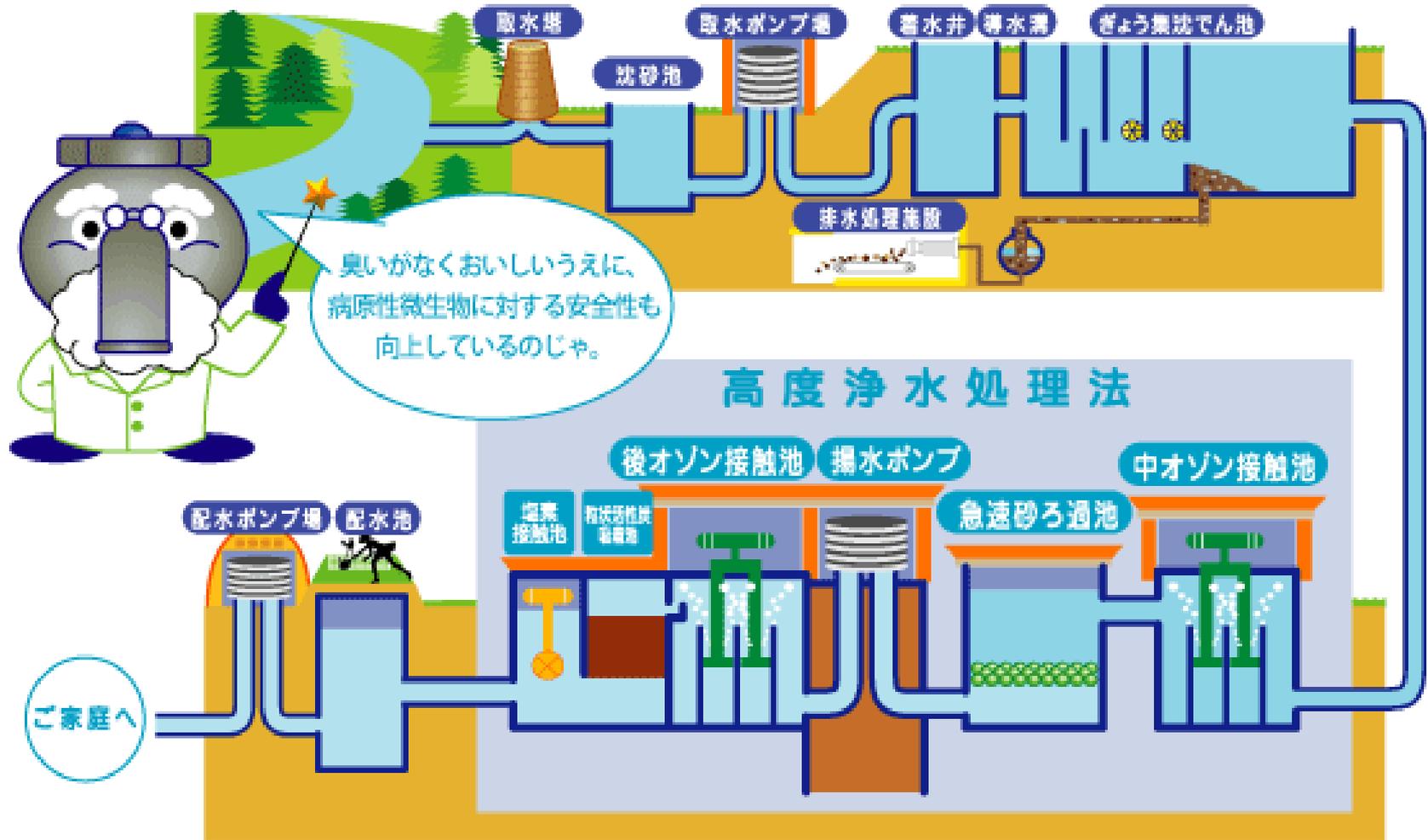
(引用：阪神水道企業団HP)



尼崎市水道



**O₃の主な役割：カビ臭原因物質、トリハロメタンの分解
クリプトスポリジウム対策にも**



大阪市販売ペットボトル水道水



価格：100円



東京都も



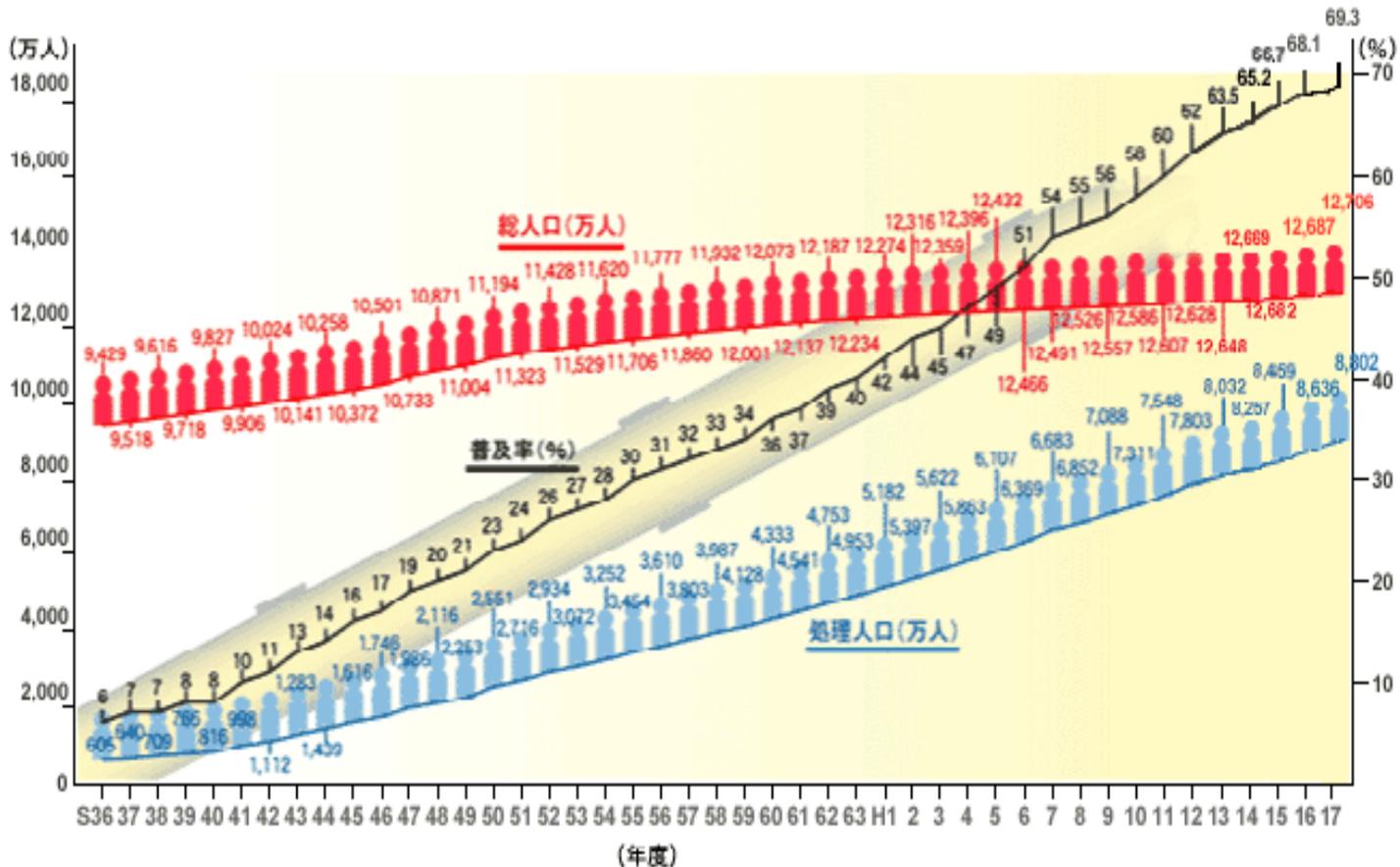
出典：www.city.osaka.lg.jp

2) 下水

公共下水処理施設は全国で2,200



下水道普及率(1)



(引用：日本下水道協会HP)

“下水道の急激な普及と水洗化の進展に伴ないし尿処理場は減少しつつある”

下水道普及率(2)

近畿地方の下水道処理人口普及率(%) - 2019.3.31現在

| | |
|--------|------|
| ・ 滋賀県 | 90.2 |
| ・ 京都府 | 94.7 |
| ・ 大阪府 | 96.0 |
| ・ 兵庫県 | 93.2 |
| ・ 奈良県 | 80.7 |
| ・ 和歌山県 | 27.9 |

注：普及率＝利用人口/総人口

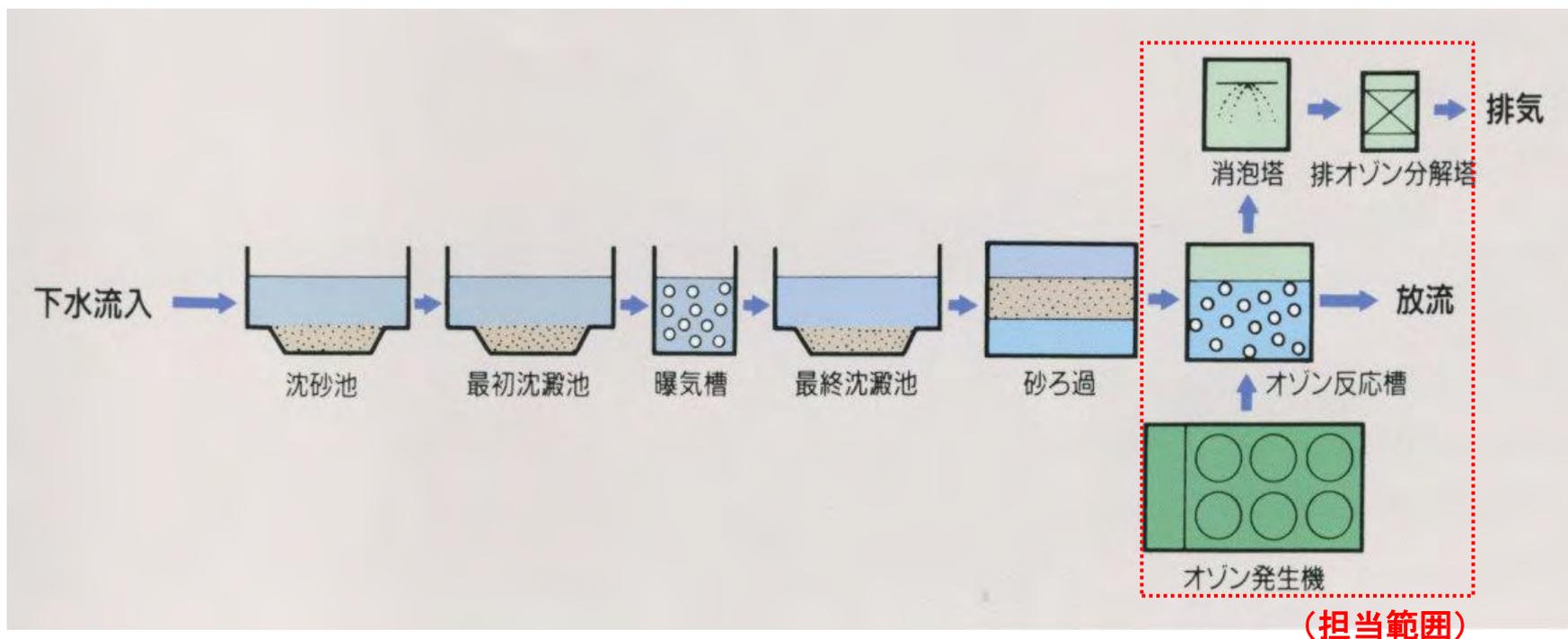
老朽化等に伴う維持費用が今後の課題

(引用：日本下水道協会HP)

(全国 79.3)

下水処理プロセス例

O₃ : 大腸菌殺菌、脱色、脱臭、凝集、TOC低減などに



(引用 : 住友精密工業HP)

3)し尿

下水道の普及により減少傾向にあるが、施設数は全国で1,000弱



宗像浄化センター

《参考》バキューム車

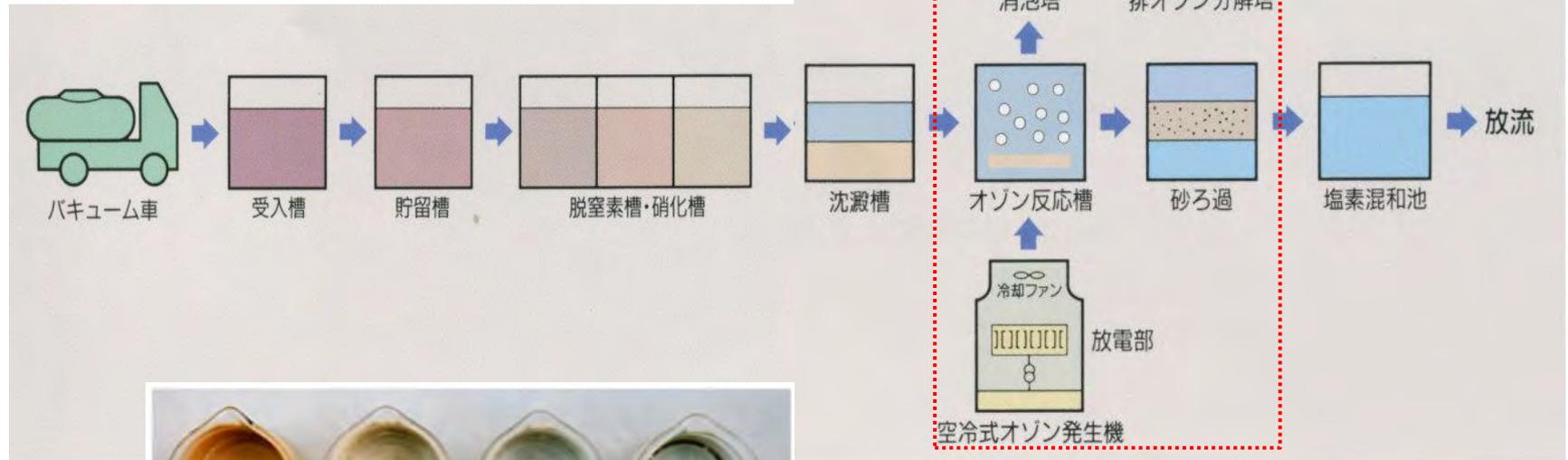


し尿処理プロセス例

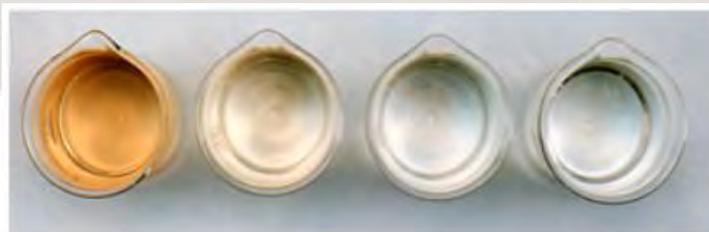
O₃ : COD、BOD、色度、臭気の低減などに

COD : 化学的酸素要求量

BOD : 生物化学的酸素要求量



(担当範囲)



し尿のオゾン脱色状況

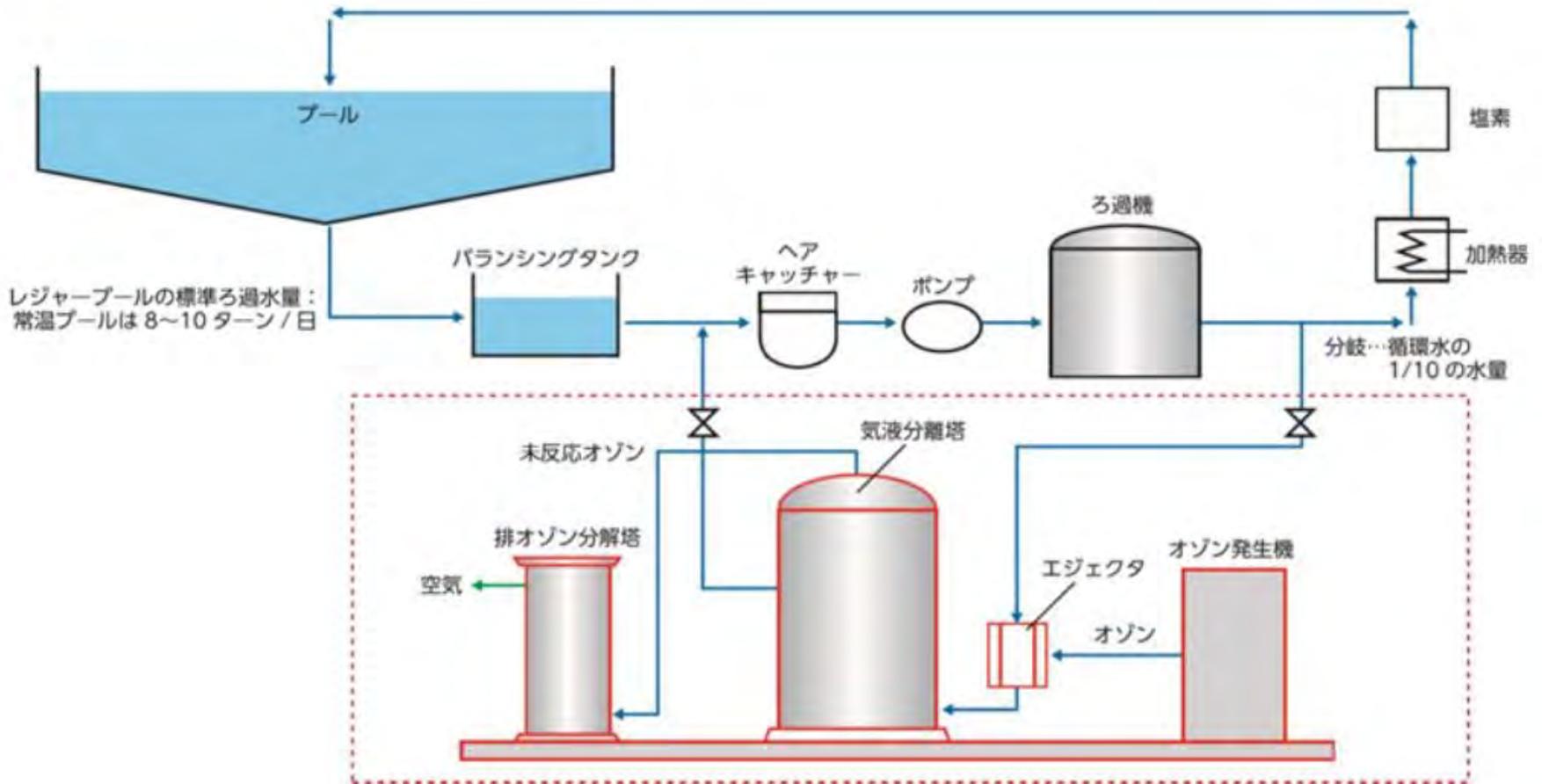
4) プール



京都市健康増進センター

プール浄化システム例

O₃ : 殺菌、脱臭、浄化(透明度向上)



3. 更なる高度処理—促進酸化処理(AOP)

AOP (Advanced Oxidation Process)

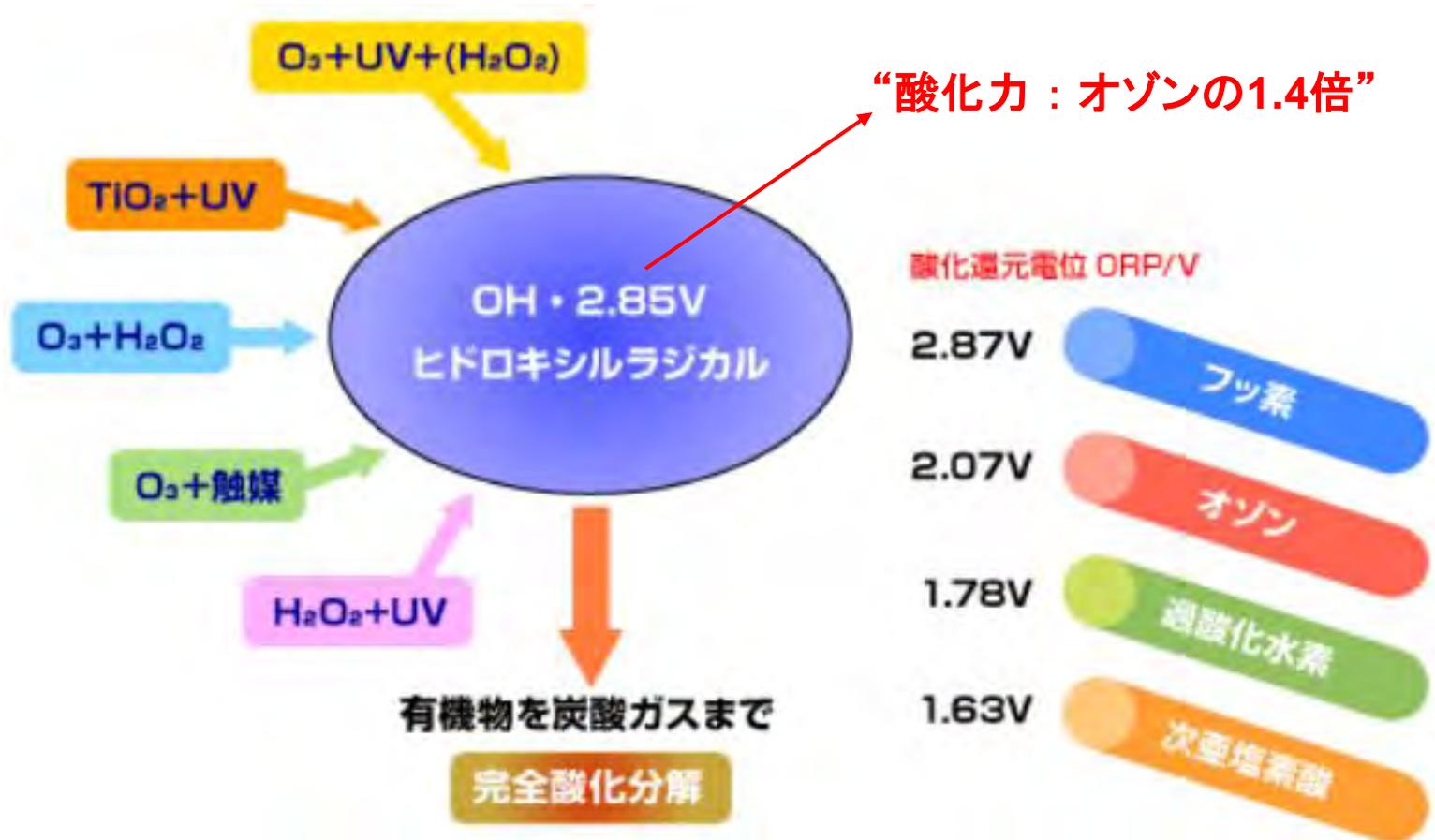
殆どの有機物に対し反応性に富む**ヒドロキシルラジカル**反応を用い、有機物を炭酸ガスまで完全酸化分解を行う技術

難分解性有機物：有機塩素化合物、
環境ホルモン

COD総量規制

これまでのオゾン処理技術をベースに効率よく
ヒドロキシルラジカルを生成させる
AOP処理技術開発

ヒドロキシルラジカルとは

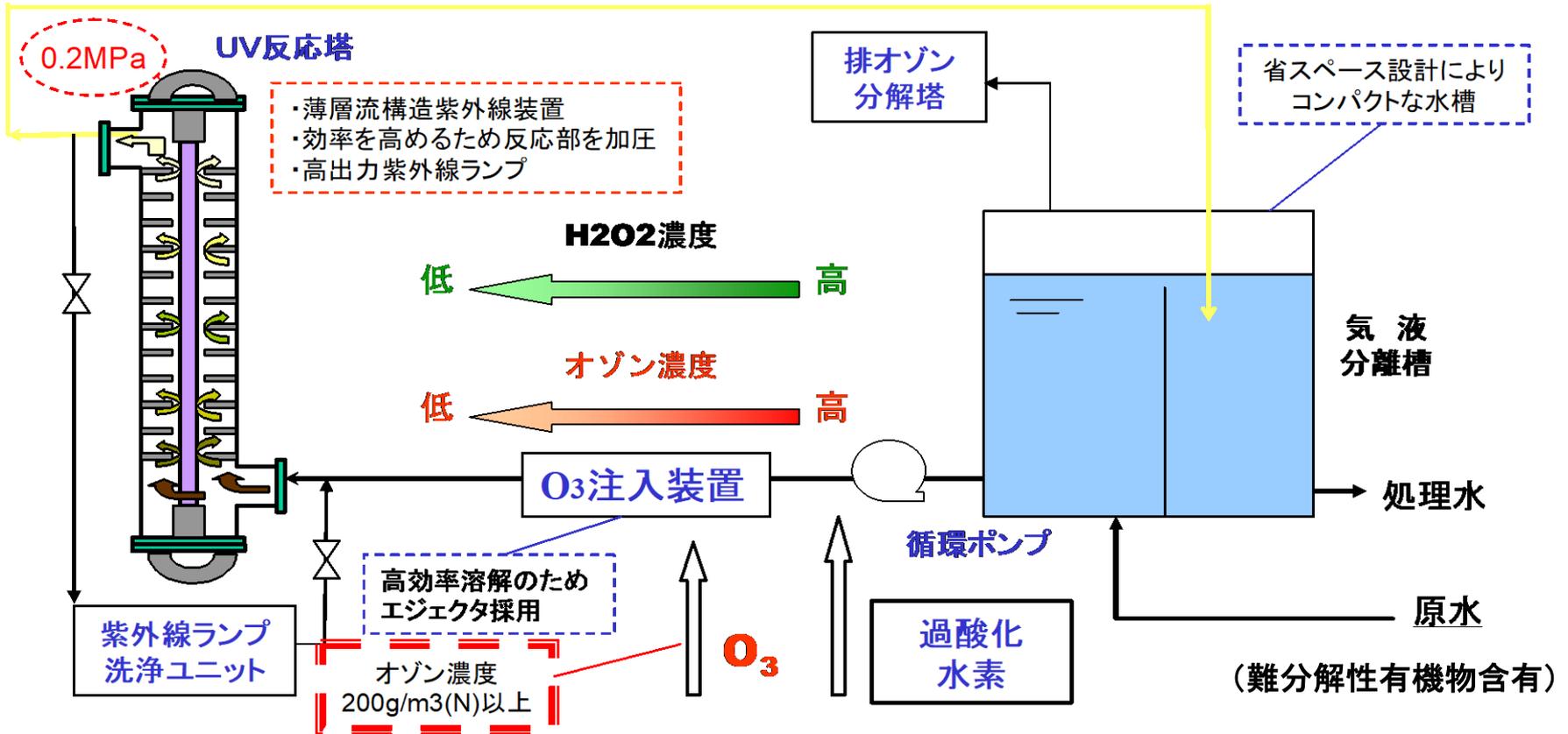


(引用：住友精密工業HP)

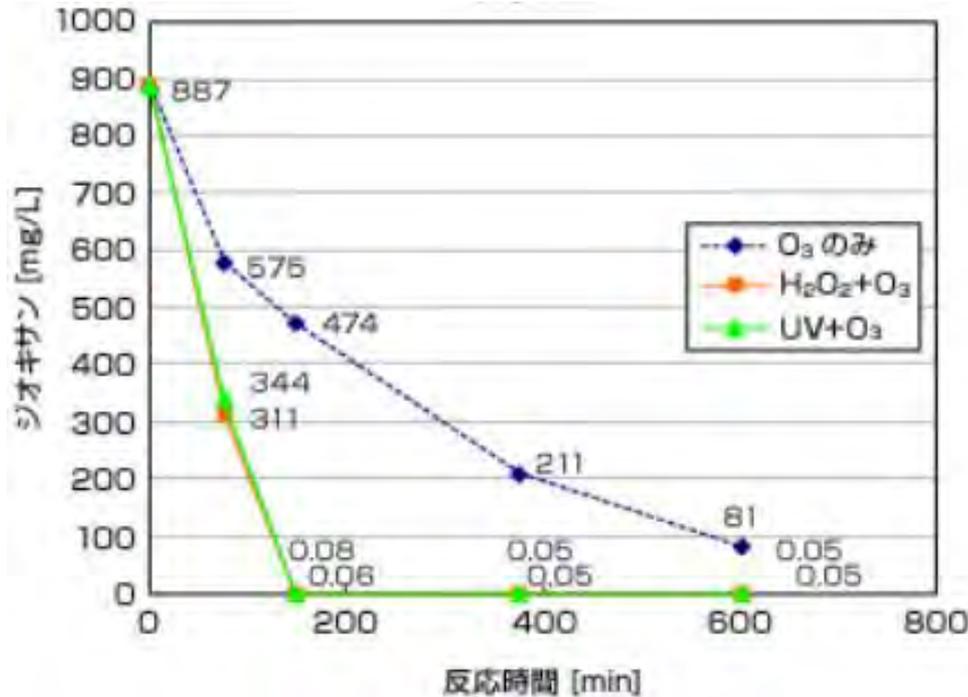
ヒドロキシルラジカルを使用した反応：「促進酸化反応」

高性能AOPシステム

厳しい水質要求にも対応可能

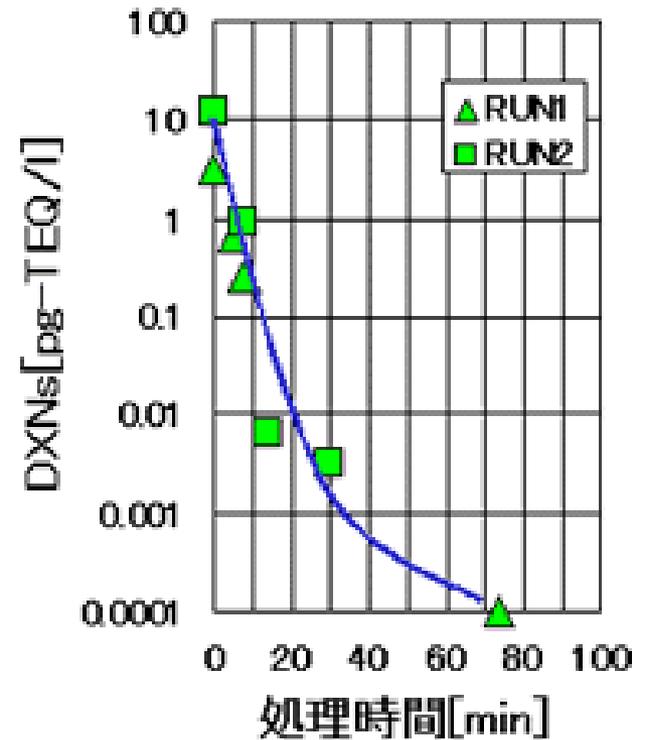


促進酸化処理(AOP)実施例



〈難分解性物質の分解性能〉

ジオキサン含有排水処理例



〈ダイオキシン類分解性能〉

一般廃棄物最終処分場浸出水処理例

4. 水処理ビジネス再構築に向けた挑戦

- **ハード強化** — オゾン発生装置の改良開発
- **ソフト重視** — 水処理ソフト能力の向上
- **事業拡大** — 海外同業他社との戦略的提携

： 商品群の拡大

： 新しいソフト能力の具体化

＜最適提案と難分解性有機物処理を目指して＞

ハードの強化

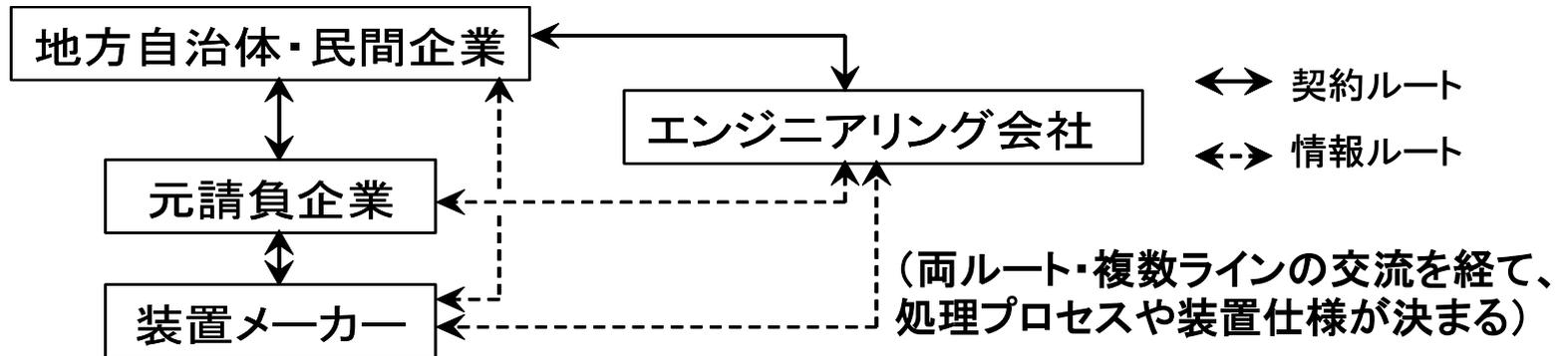
市場ニーズに適合するオゾン発生装置の実現に向けて

- **低価格** ; 低コスト化
- **高効率** ; 電力消費率(kwh/kgO₃)の低減
- **高濃度** ; 高いオゾン濃度の達成
- **コンパクト** ; 主として設置スペースの低減
- **信頼性** ; 特に放電部の長寿命化
- **制御性** ; オゾン発生量自動制御対応と制御幅の極大化
- **整備性** ; 保守頻度の減少
- **クリーンオゾンガス** (主に半導体プロセス用ニーズなので省略)

〈とりわけ**価格、効率**の面で世界一を目指して「**革新オゾナイザ**」の開発に着手〉

ソフトの重視

《水処理ビジネスの基本形態》



《水処理ビジネスの成功要件》

- ・ハード偏重是正・ソフト機能重視へ
- ・最適プロセス提案可能へ(高度水処理分野に特化してソリューション提供)
- ・提案型営業へ(ショールームの機能も)



「**水工学センタ**」設立(1997.3)

ケミカルエンジニア集約、分析機器類充実、外部機関との連携
複合処理能力強化

「水工学センタ」



最新の分析機器を馳駆し、上下水道、し尿、染色排水、工場排水、地下水、ゴミ浸出水、各種プロセス及び半導体洗浄分野など、あらゆる水処理分野で最適／最新な処理法を提案

「水工学センタ」紹介記事例

1997.3.15付 日刊工業新聞より

住友精密が「水工学センタ」開設

住友精密工業（社長高井勇氏）は産業環境システム部門に「水工学センタ」を開設した。ハードメーカーでは珍しい無機、有機化学、生化学、農薬化学などの技術者に機械・電気設計の専門家を含めた新組織。中村洋明取締役・産業環境システム部門担当にその狙い、今後の同部門の事業展開を聞いた。

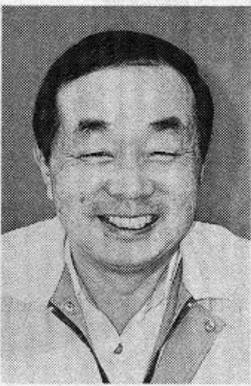
（大阪編集委員・窪池利太）

「水工学センタの体制は、従来から応用試験室、医療」

ハードメーカー ソフトな提案

取締役・産業環境システム部門担当

中村 洋明氏に聞く



衛生試験室などの機能はあつたが、分散していたため統合し、分析機器類などの充実・強化を図りセンタとして一新した。センタは水処理研究室、医療衛生研究室、高機能水開発室、機器

分析室、バイオフィーリングで構成するが、主のオゾンをはじめ、紫外線(UV)、膜、バイオなど各種の水処理技術と高度な分析技術で入組にとり貴重資産「水」の汚染防止、有効利用に寄与していく。

「センタ開設の狙いや具体的な事業テーマは、

「ハードはもちろん、ソフトの機能を充実させて強化していきたい。水は人類共通の大きな立場である。センタ単独ですべての処理技術、分析技術が確立できるわけではない。当然、外部の大学や研究機関、水処理会社との連携、連携を密にしながら、ポテンシャルをワーアップを図っていく。

オゾン応用で汚染防止

「ハード分野などの新商品開発などが重要なテーマだ。センタの陣容は今後の強化策はこうです。

「産業環境システム技術部の応用開発グループ十余人が当面の売り上げを見込んでいく。一九七三年三月期は三十億円、一九八年度は四十億円、一九九年度は五十五億円を計画。ハードソフトを両輪にして達成したい。

事業拡大

「事業拡大に向けて」ー市場ニーズに対応して

① 商品群の拡大(←最適提案可能化)

オゾン処理システム + **UVシステム** + **生物処理システム**
(紫外線照射装置)

② **複合処理システム** 能力実現 (←最適提案可能化
←難分解性有機物処理提案可能化)

- ー オゾン/UV/過酸化水素
- ー バイオ/膜/活性炭

③ オゾン発生機(オゾナイザ)戦力多様化

プレート型オゾナイザ + **チューブ型オゾナイザ** (←顧客スペックイン対応)
超大型オゾナイザ (←パルプ漂白提案可能化)



: 要補強ポイント



パートナー探し



WEDECO社と提携

WEDECO社全景



提携内容と経緯

1. 提携内容

(1) 包括的業務提携契約 — 双方向の販売契約が主体

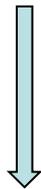
W社全製品：日本市場で独占販売　当方オゾン関連全製品：欧州市場で独占販売

(2) 技術援助契約

W社全製品：日本国内での独占的製造販売権及び全技術を当方に供与

2. 提携経緯

1996.5 世界有数の環境見本市IFAT'96でコンタクト



- ① 同業者(オゾナイザーメーカー、パルプ漂白市場で競合経験)の壁
- ② 複数の日本企業との競合

1997.6 提携合意

3. WEDECO社世界シェア(提携当時 ⇒ その後)

| | |
|-----------|-------------|
| オゾン処理システム | No.2 → No.1 |
| UVシステム | No.2 → No.1 |

WEDECO社との提携による製品・技術・市場の広がり

| (製品) (市場) | O ₃ 処理 | UV処理 | 生物処理 | O ₃ /UV/H ₂ O ₂ | バイオ/膜/活性炭 |
|--------------|-------------------|------|------|--|-----------|
| 上水 | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| 中下水 | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| 産業排水 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 地下水 | | | | ○ | |
| ゴミ浸出水等 | | | ○ | ○ | |
| プール水族館 | ○ | | | | |
| 純水 | ○ | ○ | | | |
| クーリングタワー | ○ | | | | |
| 生産プロセス | ○ | ○ | | ○ | |
| 食品飲料工業 | ○ | ○ | | | |
| 飲料水 | | ○ | | | |
| パルプ | ○ | | | ○ | |
| その他 | ○ | | | | |

H.Nakamura

(従来実績)

WEDECO社超大型オゾナイザ例

Oy MetsäRauma, Finland
Ozone production: more than
400 kg/h



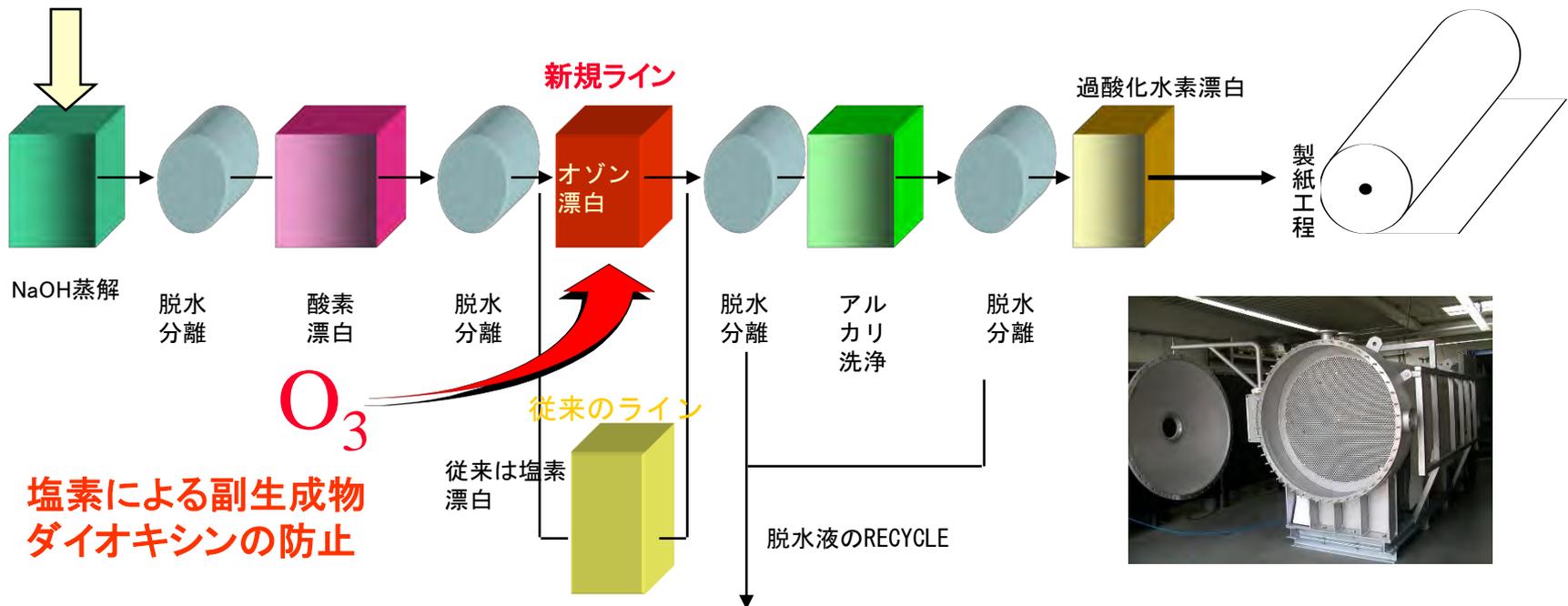
Linde / Zellstoff- und
Papierfabrik Rosenthal, Germany
Ozone production: 110 - 160 kg/h

パルプ漂白

(WEDECO社との提携結実事例)

- 従来の塩素漂白の工程で発生する有機塩素化合物防止
- 各洗浄脱水液の完全リサイクル
- プロセス面で超高濃度オゾン(12wt%以上)が必要

ウッドチップ



パルプ漂白用オゾンシステム

国内大手製紙会社に次々と採用される



5. 取り組んだ「水処理を含む環境ビジネス」

水処理分野

- **上水**
- **中下水**(含親水公園)
- **し尿**
- 染色排水
- 工場排水
- **プール**
- 風呂
- 温泉
- 水族館
- クーリングタワー
- ビール用水

水処理以外の分野

- 脱硝(工場排水、トンネルなど)
- 空気脱臭(下水処理場、パチンコ店など)
- **パルプ漂白**
- ミネラルウォーター製造
- 超純水製造
- オゾン水手洗い器
- 各種生産プロセス
- 食品殺菌(スーパーマーケットなど)
- 汚泥減容化处理
- ゴミ浸出水処理など

赤字：説明済み

ご清聴ありがとうございました。

今回は、我々に極めて身近な存在である

上水、下水、し尿、プール、オゾン、UV、ウイルス、細菌類、原虫、パルプ(製紙用植物繊維)など

を取り上げてお話をしました。関心を持って頂くきっかけに少しでもなったのであれば幸せです。