

平成 24 年度

環境研究総合推進費補助金 研究事業

総合研究報告書

廃棄物処理処分に伴い排出される副生塩の

リサイクルシステムの構築に関する研究

(K2416)、K2363、K22035

平成 25 年 3 月

福岡大学 樋口壯太郎

補助事業名 環境研究総合推進費補助金研究事業（平成 22 年度～平成 24 年度）
所 管 環境省
国庫補助金 43,977,000（複数年度の合計）
研究課題名 廃棄物処理処分に伴い排出される副生塩のリサイクルシステムの
構築に関する研究
研究期間 平成 22 年 4 月 1 日～平成 25 年 3 月 31 日
研究代表者名 樋口壯太郎（福岡大学）
研究分担者名 武下俊宏（福岡大学）
研究協力者 川島正毅（NPO 法人環境技術支援ネットワーク）
横山睦正（NPO 法人環境技術支援ネットワーク）
橋本敬行（㈱神鋼環境ソリューション）
竹内和則（三井造船㈱）
平野 悟（㈱ササクラ）
吉田靖史（ダイソーエンジニアリング㈱）
牛越健一（住友電工ファインポリマー㈱）
堀井安雄（クボタ環境サービス㈱）
加藤隆也（NPO 法人環境技術支援ネットワーク）
松本 真（㈱建設技術研究所）

目 次

概 要	1
1. 研究目的	9
2. 副生塩の再利用	9
2-1 消毒剤（エコ次亜）への再資源化	9
2-2 副生塩の凍結防止剤への再利用における環境安全性評価	35
3. 最終処分場における塩類溶出制御システム研究	41
4. 結論	51
5. 参考文献	52
6. 研究発表	52
7. 知的財産権の取得状況	53
研究概要図	54
英文概要	55

環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書概要

- ・ 研究課題名 = 廃棄物処理処分に伴い排出される副生塩のリサイクルシステムの構築に関する研究
- ・ 研究番号 = (K22035)、(K2363)、(K2416)
- ・ 国庫補助金精算所要額 (円) = 43,977,000 (複数年度の合計)
- ・ 研究期間 (西暦) = 2010-2012
- ・ 研究代表者名 = 樋口壯太郎 (福岡大学)
- ・ 研究分担者名 = 武下俊宏 (福岡大学)

研究目的 = 最近、廃棄物処理処分に伴い排出される塩類に起因する公共用水域の塩化物イオン上昇により農業被害や水産資源への影響が顕著化している。これは焼却施設における HCL ガスの高度処理により高濃度の塩類を含む焼却残渣が埋立処分されることが主要因と考えられる。このため塩類除去設備を導入する施設も普及し始めている。しかしこれらの設備導入により回収された塩 (以下、「副生塩」と称する。) の適正な処理、再利用の方法が確立されておらず、一部の地域における凍結防止剤利用に限られている。このため最終処分場に保管または産廃処理されているのが現状である。本研究は副生塩から消毒剤を生成し利用する実用技術の開発研究を行う。なお消毒剤には NaCLO (次亜塩素酸ナトリウム) と KCLO (次亜塩素酸カリウム) が混在しているため以下、「エコ次亜」と称する。また、凍結防止剤として環境中に排出されている副生塩の生物毒性や最終処分場において環境に影響のない濃度で溶出させる埋立方法についても研究する。

研究方法 =

1. 副生塩の排出実態調査

文献調査により我が国の一般廃棄物処理施設から排出される副生塩の量を推計する。また焼却施設、最終処分場浸出水処理施設にアンケート調査を行い、副生塩の処理実態について調査を行った。

2. エコ次亜生成研究

副生塩の排出源として逆浸透膜法（RO）による浸出水脱塩処理、電気透析膜法（ED）による浸出水脱塩処理、焼却施設湿式洗煙設備および焼却施設乾式ナトリウム排ガス処理設備から排出される副生塩を用いて、無隔膜法（3%塩水）および隔膜法（26%塩水）によるエコ次亜生成実験を行なった。

3. エコ次亜滅菌効果確認実験

無隔膜電解法により生成したエコ次亜を用いて、一般細菌と大腸菌群数を指標に滅菌効果実験を行い。滅菌剤として使用できるかどうかの確認を行った。

4. エコ次亜の下水道終末処理場での滅菌剤利用を想定したフィジビリティスタディー

副生塩を無隔膜電気分解法を用いてエコ次亜を生成させ、下水道終末処理場で滅菌剤として利用した場合の経済性を確認するため、都市規模（副生塩発生量）を変動させたフィジビリティスタディーを実施した。

5. 副生塩を凍結防止剤として使用する場合の生物毒性試験

最終処分場浸出水を電気透析膜で脱塩処理し生成した副生塩を凍結防止剤として利用した場合を想定し、魚類急性毒性試験（ヒメダカ）、魚類初期生活段階毒性試験、遺伝子発現解析および幼植物の発芽、生育に関する栽培試験を行なった。実験は副生塩 2 サンプルについて塩水濃度を変化させ、室内にて水槽ならびにパレットを用いて実施した。

6. 最終処分場における塩類溶出制御システム研究

副生塩を最終処分場に埋立処分する場合、塩類溶出を制御するための埋立方法（積み増し埋立）を想定したライシメータ実験を行い、浸出水への塩類溶出を平準化、低減等する技術の研究を行なった。実験は径 200mm、高さ 2,000mm のライシメーター3 本を用い、人口散水を行いながら実施した。実験は焼却残渣 1 層の厚みを RUN1:2.0m、RUN2:1.0m、RUN3:0.5m の 3 タイプとし、人口散水により塩化物イオン濃度が 1,000mg/L 以下となった時点で RUN2、RUN3 についてはそれぞれ 1.0m、0.5m の焼却残渣を積み増した。

散水量は K 市の過去 30 年間の降水量から 1 週間当たりの降水量を算出し、毎週 1 週間分（1,050ml）を 1 回、散水した。散水の翌日に浸出水を採取し、水質分析（Cl⁻、COD、BOD、T-N、pH、ORP）を行った。

研究結果と考察

1. 副生塩の排出実態調査

平成 22 年度における我が国の一般廃棄物の排出量は年間約 4,625 万トン、そのうち可燃ごみの焼却量は約 3,452 万トン処理残渣の焼却を含むと約 3,599 万トンとなっており、最終処分される焼却残渣が約 360 万トン発生している。このうち湿式洗煙で下水道放流される塩類（約 20%）を除いて、これら焼却残渣に含まれる塩類の量（NaCl 換算）は年間約 18 万トンと推定され、1 日当たり約 500 トンの塩類が埋め立て処分されていることになる。

これらの塩類の発生は、廃棄物中の塩素（例えば、塩化ビニールや厨芥に含まれる塩など）に由来するものであり、焼却灰（主灰）や飛灰、或いは溶融飛灰または湿式洗煙や二段バグフィルタの後段の酸性ガス除去専用の装置から脱塩残渣として排出されている。

ごみ焼却に伴う塩の物質収支を推定すると図-1 のようになる。

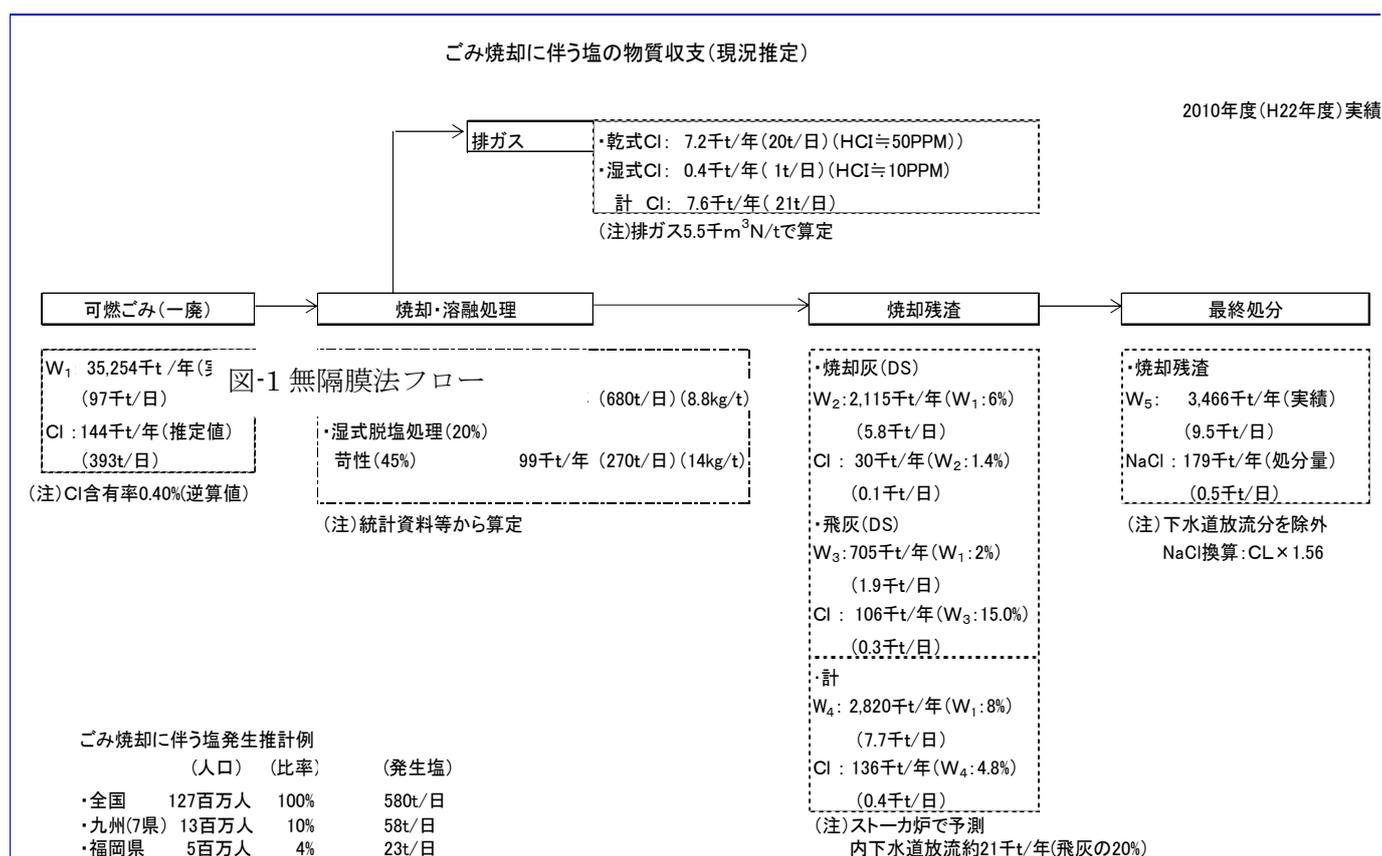


図-1 ごみ焼却に伴う塩の物質収支

2. エコ次亜生成研究

(1) 実験条件

浸出水を電気透析膜法により脱塩処理を行ない、濃縮された副生塩を用いた。無隔膜実験は、塩水濃度を3%、隔膜実験は塩水濃度を26%に調整した。図-2および図-3に無隔膜法および隔膜法の概要図を示した。

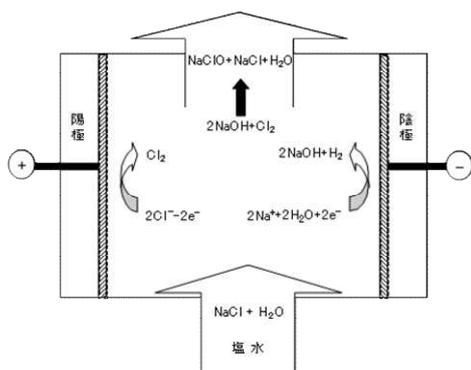


図-2 無隔膜法

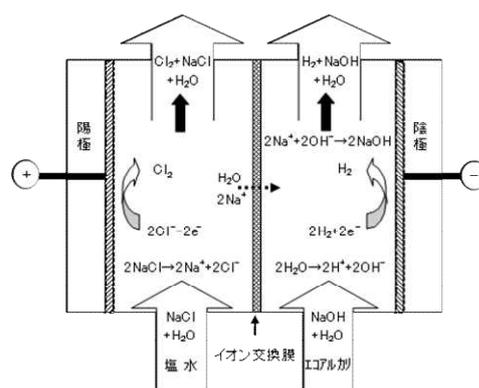


図-3 隔膜法

(2) 結果

1) 無隔膜法

無隔膜法を用いた副生塩の電解試験(連続試験)を行った。その結果を表-1に示す。浸出水脱塩濃縮液由来の副生塩、乾式ナトリウム排ガス処理方式からの副生塩共に塩水濃度3%、Ca濃度を数十mg/kgに設定すると、エコ次亜0.25~0.54%が得られ、連続運転が可能であることが確認された。乾式ナトリウム排ガス処理方式からの副生塩では、塩水濃度を5%と設定した場合でも長期安定稼働が可能であった。

表-1 無隔膜法による実験結果

副生塩	塩水濃度 (wt%)	Ca濃度 (mg/kg)	有効塩素濃度 (mg/L)	電圧 (V)	結果
電気透析膜	3	3.2	2,500~3,300	4.1~4.4	797時間通電で強制停止
逆浸透膜	3	25.9	3,700~5,200	4.1~4.6	773時間通電で強制停止
乾式ナトリウム塩	5	15	3,300~5,400	3.3~3.6	960時間通電で強制停止
乾式ナトリウム塩	10	30.5	4,400~4,900	3.7~4.0	現在稼働中 (200時間)

2) 隔膜法

隔膜電解法を用いて、回収塩の電解試験（連続試験）を行った。その結果を表-2に示す。塩水濃度 26%での隔膜電解法では、有効塩素濃度が最大で 50,000ppm 程度が得られた。しかし、回収塩中に含有するカルシウムもしくはマグネシウムにより電解槽中に沈殿物が生成し、数百時間（条件によっては数十時間）で電解電圧が上昇することが確認された。電圧上昇の原因はカルシウム、マグネシウムによる膜の閉塞が原因と考えられる。装置の解体時を写真-1、2に示す。数十 ppm でスケールが発生したため、今後はキレート剤等による ppb レベルまでの前処理が必要であると考えられる。

表-2 隔膜法による実験結果

副生塩	塩水濃度 (wt%)	Ca濃度 (mg/kg)	有効塩素濃度 (mg/L)	電圧 (V)	結果
電気透析膜	26	4.4	37,400~42,700	4.2→8V	電圧上昇により停止（42時間）
逆浸透膜	26	79.4	46,000~48,200	4.7→8V	電圧上昇により停止（307時間）

(3)考察

浸出水脱塩処理に伴う副生塩、焼却炉湿式洗煙排水、乾式ナトリウム法副生塩と併せて無隔膜法によるエコ次亜生成実験はほぼ確立された。

隔膜法については電圧上昇の原因はカルシウム、マグネシウムによる膜の閉塞が原因と考えられる。今回、前処理としてカルシウム 5mg/L 以下にしたがスケールが生成してしまった。今後はキレート剤等による ppb レベルまでの前処理が必要であると考えられる。

3. エコ次消毒効果確認実験

無隔膜電解法により生成したエコ次亜と市販の次亜をもちいて下水道消毒前処理水、最終処分場浸出水を対象に同一条件で消毒効果の実験を行った。その結果、エコ次亜の消毒効果は大腸菌群数、一般細菌数とも市販次亜と同等であり、消毒剤として使用が可能であることが分かった。

4. エコ次亜の下水道終末処理場での消毒剤利用を想定したフィジビリティスタディー

F/S 検討ケースとして 2 万人から 100 万人都市を想定し 4 ケースを選定した。副生塩の

発生量はこれに基づき計算し、1日0.1tから5tを想定した。

F/S計算は濃縮・乾燥・固化し産廃処分する費用と、濃縮水をタンクローリー車で運搬し、無隔膜電解装置でエコ次亜を生成し購入次亜費を削減する費用を算定した。

その結果を表-3に示した。規模が小さいと赤字になり、大きくなるほど発生側及びエコ次亜使用側（下水処理場）のメリットが大きくなる。内容的には濃縮乾燥の費用が大きく影響している。この処理費用は方式・規模・油代などで大きく変動するので、実情に合わせて補正する必要がある。

人口10万人以上の都市規模であれば経済的メリットが生ずる。100万人都市になるとエコ次亜使用側（下水処理場）も複数設置される場合が多いので、エコ次亜電解装置の施設規模としては1日10~40m³（0.5~2t）程度が現実的といえる。

表-3 副生塩エコ次亜利用規模別 F/S 結果

単位：千円/年

項目	ケースⅠ	ケースⅡ	ケースⅢ	ケースⅣ	備考
副生塩	0.1 t/d	0.5 t/d	1.0 t/d	5.0 t/d	
濃縮塩水	2m ³ /d	10m ³ /d	20m ³ /d	100m ³ /d	
都市規模	2万人	10万人	20万人	100万人	
a 濃縮乾燥費	5,100	21,900	36,500	146,000	A
b 固化塩処分費	1,500	7,300	14,600	73,000	B
c 塩水運搬費	1,500	6,600	11,700	51,100	D
d エコ次亜生成費	6,400	12,300	19,100	55,600	E+F+G
e エコ次亜売却費	500	2,500	5,000	25,000	C
f 次亜購入節減費	300	1,700	3,300	16,700	H-I
発生側収支	-800	+12,800	+25,300	+137,300	a+b+e-c-d
下水道収支	+300	+1,700	+3,300	+16,700	f
全体収支	-500	+14,500	+28,600	+154,000	

5. 副生塩を凍結防止剤として使用する場合の生物毒性試験

マウスを用いた急性経口毒性試験、魚類急性毒性試験、魚類初期生活急性毒性試験および幼植物の発芽、生育に関する栽培試験を行った。すべての副生塩において急性経口毒性は

認められなかったが、魚類と陸上植物に対しては何らかの影響が見られ、その影響度合いは副生塩により異なっていた。今回の試験において、焼却施設湿式洗煙排水回収副生塩 MK は魚類、植物ともに与える影響は小さいが、最終処分場浸出水脱塩濃縮副生塩 YT と SD は他の副生塩より強い毒性を示した。焼却施設乾式ナトリウム回収副生塩 HM は魚類に対する影響は MK より大きい、YS と比べると同程度か小さかったのに対し、植物では明らかに YS に比べ毒性が高かった。

このように副生塩によって生物に与える影響の度合いは異なり、さらに動物に対しての毒性度合いと植物への毒性の度合いが異なる場合があることが認められた。

6. 最終処分場における塩類溶出制御システム研究

最終処分場を模擬したライシメータを用いて、無機塩類の溶出制御システム研究を行った。積み増し型埋立工法を導入し、浸出水中への無機塩類の溶出濃度の制御を検討した。浸出水の水質分析結果では、積み増し型埋立工法の導入により、初期溶出濃度制御及び溶出濃度低減化が可能であることが確認された。既存研究より、初期溶出濃度は埋立層高と相関性が高く、本実験においても各種水質分析項目において埋立層高を 1/2 にすることにより、溶出濃度を 15~20%、1/4 にすることで 30~48%低減可能であることが確認された。また、積み増しの際に下層が緩衝材のような役割を果たし、初期溶出濃度を超過することなく低濃度で溶出させることが可能であることも確認された。

・環境政策への貢献

本技術の実用化により副生塩の最終処分による塩害や外部委託搬出による経費負担を解消し、経済的で効率的な廃棄物管理が可能となる。塩類一般は水質規制等が少ないため、塩化水素ガス等の規制の厳しい塩類の処理に伴い副生塩問題が発生している。このため本来、廃棄物処理の最終ランナーである最終処分場で処理が完結しなければならないのに処分不適物として保管や塩類規制のない海面処分場への委託処分をしなければならない状況が生じている。さらに保管や運搬のために固形化しなければならず大量のエネルギーを消費することになる。このため塩類問題は隠れた循環型社会の阻害要因でもある。本研究により副生塩を固形化することなく濃縮液のまま電気分解にかけ、エコ次亜を生成することができ、低炭素化社会にも貢献することができる。また循環型社会における廃棄物管理システムとして副産物でない理想的な廃棄物管理システムの実現に一步、近づけることが

可能となり循環型社会推進に貢献することができる。

・研究成果の実現可能性

副生塩の無隔膜電解法によるエコ次亜生成、滅菌剤利用については滅菌効果、経済性を含めて廃棄物処理処分側、下水道終末処理施設側双方に経済的メリットをもたらすことが分かった。例えば人口 10 万人都市で 14,500 千円/年、人口 100 万人都市では 154,000 千円/年の経済メリットが生ずる。その場合、リサイクルシステム全般の課題でもある、エコ次亜の需要先である下水道終末処理場、し尿処理施設等との連携の可否がリサイクルシステム成立の条件となる。また人口 10 万人以下の都市では広域処理が必須の条件となる。

結論

副生塩の無隔膜電解法によるエコ次亜生成、滅菌剤利用については廃棄物処理処分側、下水道終末処理施設側双方に経済的メリットをもたらすことが分かった。またエコ次亜を用いた滅菌実験での市販次亜と同等の効果があることが確認され実用化可能であることを検証した。本技術の実用化により副生塩の最終処分による塩害や外部委託搬出による経費負担を解消し、経済的で効率的な廃棄物管理が可能となる。今後の課題として隔膜法のスケール対策を解決することにより、さらに経済性を高めることが可能である。

発生源別副生塩を凍結防止剤として使用した場合の生物毒性評価を行い、一部の副生塩を除き、生物毒性はほとんどないことから使用可能であることが分かった。

副生塩を含む焼却残渣を埋立処分する場合、積み増し埋立工法により、浸出水中の塩化物イオン濃度をコントロールできることが分かった。今回の研究開発では高濃度のエコ次亜生成はできたがスケール生成により長期稼働を行うことができなかった。このためキレート等によるカルシウム等の経済的前処理技術の開発が望まれる。

1. 研究目的

最近、廃棄物処理処分に伴い排出される塩類に起因する公共用水域の塩化物イオン塩素イオン上昇により農業被害や水産資源への影響が顕著化している。これは焼却施設におけるHCLガスの高度処理により高濃度の塩類を含む焼却残渣が埋立処分されることが主要因と考えられる。このため塩類除去設備を導入する施設も普及し始めている。しかしこれらの設備導入により回収された塩（以下、「副生塩」と称する。）の適正な処理、再利用の方法が確立されておらず、一部の地域における凍結防止剤利用に限られている。このため最終処分場に保管または産廃処理されているのが現状である。本研究は副生塩から滅菌剤を生成し利用する実用技術の開発研究を行う。なお滅菌剤にはNaClO（次亜塩素酸ナトリウム）とKClO（次亜塩素酸カリウム）が混在しているため以下、「エコ次亜」と称する。また、凍結防止剤として環境中に排出されている副生塩の生物毒性や最終処分場において環境に影響のない濃度で溶出させる埋立方法についても研究する。

2. 副生塩の再利用

2-1 消毒剤（エコ次亜）への再資源化

2-1-1. 副生塩の排出実態

(1) 一般廃棄物の焼却による副生塩の発生量

2010年時点での可燃系一般廃棄物の処理過程における塩の物質収支を求めた。調査結果を図2-1-1に示す。2010年時点での日本における一般廃棄物の総排出量は年間約4536万tで、そのうち可燃系の一般廃棄物は年間約3525万tとなっている。その後、最終処分される焼却残渣が年間約347万t発生している。廃棄物が焼却或いは焼却熔融処理される過程で、廃棄物中の塩化物は熱分解を受け、塩化水素ガスが発生する。塩化水素ガスは石灰等の薬剤と反応させ塩化カルシウム等として飛灰として回収され、埋立処分される。2010年時点での焼却残渣発生量は年間約282万t発生しており、内訳は主灰が年間約211.5万t、飛灰が年間約70.5万tである。この数値はごみ処理施設整備の計画・設計要領（改訂版）に準拠し、ごみ質の灰分から算定した（灰分の90%が焼却灰、残りの2倍量が消石灰による飛灰）。灰分は日環センター調査の全国平均値(H8~17年度)¹⁾ 6.7%から算定し、焼却灰6%、飛灰2%($6.7 \times 0.1 \times 3$)計8%とした。なお、乾灰8%に水分25%を見込むと10.7%、焼却残渣実績10.0%

とほぼ整合する。また、焼却残渣中の塩分濃度の平均は、乾灰で 6.6%(塩素 4.0%)湿灰(水分 25%)で 5.0%(塩素 3.0%)程度と予測される。また、日環センター調査では可燃物(44.5%)中の塩素は 0.45%となっており、消石灰吹き込み量 8.8kg から算定する飛灰量(1.7%)ともほぼ整合する。消石灰吹き込み量は日環センター調査の全国平均値(H14~16 年度 108 施設)²⁾ごみ 1t 当たり 8.8kg を使用した。主灰および一部の飛灰は最終処分場で埋め立て処分される。塩化物は浸出水中に溶出するため水処理を行った後、公共用水域に排出される。最終処分される焼却残渣の中の塩分は塩化ナトリウムと塩化カリウムの混合塩(副生塩)として発生するが、ここでは塩素を塩化ナトリウム換算(1.65 倍)した。なお、飛灰においては湿式洗煙による排ガス処理を行うと、その排水中に塩化物が溶けており、年間約 3.3 万 t が下水道放流されている。湿式洗煙で下水道放流される塩類を除いて、これら焼却残渣に含まれる塩類の量(塩化ナトリウム換算)は年間約 18 万 t と推定され、1 日当たり約 500t の塩類が埋め立て処分されていることになる。

日本の年間焼却量の内、ごみ焼却施設台帳によると 70 施設、年間約 656 万 t (19.1%) が湿式洗煙法を導入した焼却施設によって発生しており、今回は 20%としている。ここから排ガス発生量を湿式洗煙焼却施設 20%、乾式洗煙焼却施設 80%とし、以下の計算によって排ガス中の塩素量を求める。なお、排ガスは 1t 当たり 5.5 千 m³N で算定を行っている。

$$\text{乾式} : 33,799 \text{ 千 t/年} \times 0.8 \times 5.5 \text{ 千 m}^3/\text{t} \times 50\text{mg}/\text{m}^3 \times 35.5/36.5 \div 7.2 \text{ 千 t/年}$$

$$\text{湿式} : 33,799 \text{ 千 t/年} \times 0.2 \times 5.5 \text{ 千 m}^3/\text{t} \times 10\text{mg}/\text{m}^3 \times 35.5/36.5 \div 0.4 \text{ 千 t/年}$$

以上の計算により、乾式で年間約 0.72 万 t、排ガス中には湿式で年間約 0.04 万 t、合計で年間約 0.76 万 t が大気中に排出され、降雨として地上に降ってきていることが確認された。

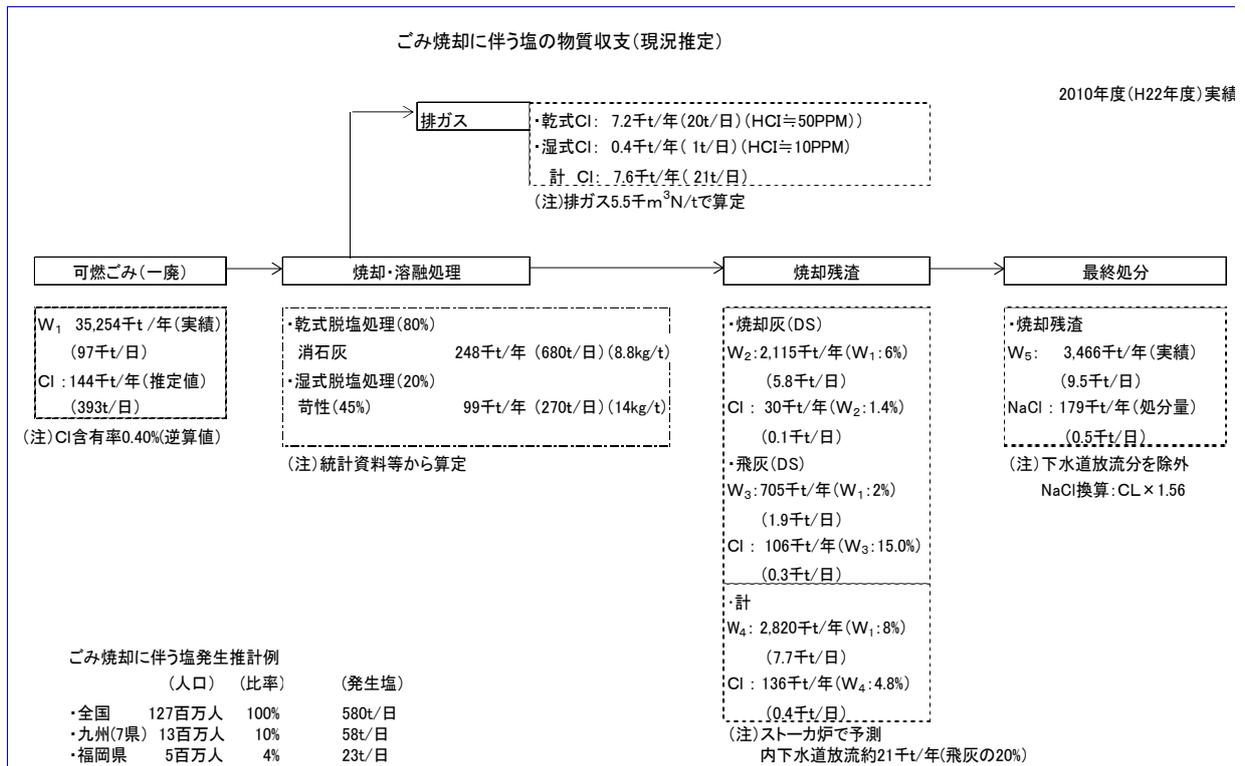


図 2-1-1 ごみ焼却に伴う塩の物質収支

(2) 焼却施設へのアンケート調査

東北地方を除く副生塩を発生させる 111 施設にアンケートを送付した。調査は郵便法で実施し、回答は 78 施設で回答率は 70%であった。アンケート回答数 78 施設の平均を求めた。その結果を図 2-1-2 に示す。可燃ごみ中の塩素量は 0.39%であった。焼却・溶融処理では、乾式脱塩処理で用いる消石灰は、ごみ 1t 当り 5.8kg、湿式脱塩処理で用いる苛性ソーダの量は、ごみ 1t 当り 5.4kg であった。乾式排ガス中の塩化水素ガス平均濃度は 26.8mg/m³N であった。

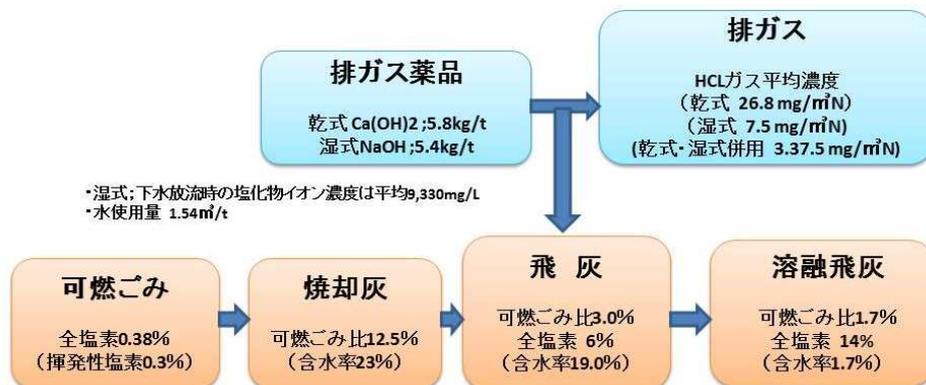


図 2-1-2 アンケート結果概要

(3) 最終処分場浸出水処理施設へのアンケート

1) 調査目的・方法

脱塩処理設備を要する最終処分場浸出水処理施設に対してアンケート調査を実施した。

2) 調査結果

表2-1-1に調査概要を示す。2010年11月から12月にかけて全国の浸出水処理施設1343設の内、副生塩を生ずる27施設(2%)にアンケートを送付した。16施設から回答を得られ、回答率は59%であった。なお、回答の得られた16施設のうち7施設は脱塩処理設備が停止や廃止などで副生塩発生施設が稼働していなかった。

表2-1-1 アンケート調査概要

項目	内容
調査対象	副生塩を生じる 浸出水処理施設
対象数	27施設
調査期間	2010年11月~12月
回答数	16施設
回答率	59%

調査で回答を得られた施設を形式別に分類する。

図2-1-3に処分場の形式別の施設割合を、図2-1-4に

処理水放流先別の施設割合を、図2-1-5に脱塩処理方式別の施設割合を示した。まず、管理している処分場の形式をオープン型、被覆型(クローズド型)で分類すると、オープン型が82%、被覆型が18%であった。次に、処理施設によって処理した排水の放流先で分類すると、放流と無放流がほぼ半数同士となった。放流先として河川と海洋が考えられるが、今回の調査ではすべてが河川放流であった。無放流の場合、処分場または併設する施設での再利用となるが、焼却施設における冷却水として8割が利用され、残りの2割は処分場での散水に利用していることが確認された。また、脱塩処理方式別に分類すると、逆浸

処分場の形式

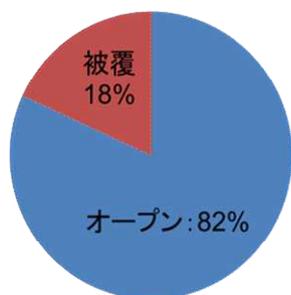


図2-1-3 処分場形式別
施設割合

処理水の放流先

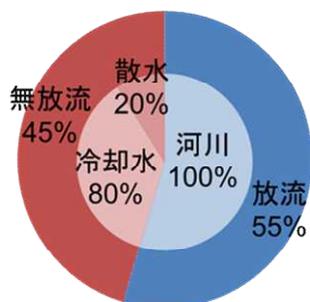


図2-1-4 処理水放流先別
施設割合

脱塩処理の形式

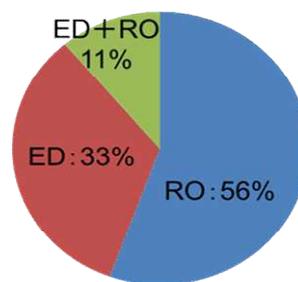
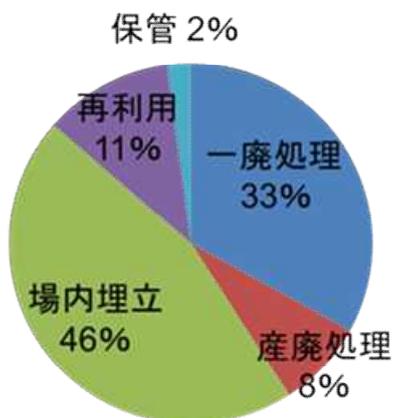


図2--1-5 脱塩処理方式別
施設割合

透膜が半分以上を占め、3割が電気透析法、残りの1割がROとEDを併用して脱塩処理を行っていることが確認された。次に、副生塩の処理方法及び処理費用についての結果を述べる。図2-1-6に副生塩の処理方法、処理費用のグラフを示す。副生塩の処分方法として、一般廃棄物として処理、産業廃棄物として処理、場内埋立、再利用、保管が考えられる。このうち、一般廃棄物または産業廃棄物として処理は最終的に埋立処分となるため、合計した87%、年間約832万tが埋め立て処分されていることとなる。その結果、保管量は約18t、2%程度であり、現時点で再利用されているのは、11%に過ぎない。再利用の用途であるが、場内の雑草の抑制剤、凍結防止剤、皮のなめし業用であることが確認された。副生塩の保管についてであるが、量は少ないものの、施設数では16施設中3施設が行っており、保管を行っている施設自体は多いと考えられる。副生塩の処分にかかる費用については、安いもので1t当たり15000円から高いもので1t当たり63000円と差が大きく、施設ごとに大きく差が出ることが確認された。

副生塩の処分方法



副生塩の処分費用

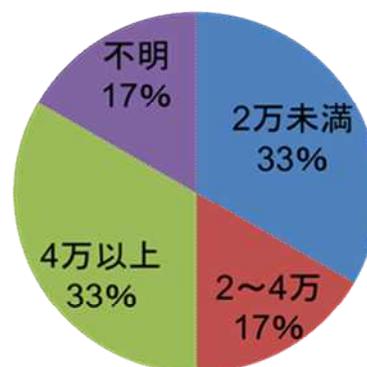


図2-1-6 副生塩の処分方法、処分費用

2-1-2. エコ次亜の製造

(1) 実験概要

副生塩から生成される次亜塩素酸ナトリウムには、カリウムが含まれている。そのため、JIS規格によるソーダ工業の通常の製品として流通できない。これは、ナトリウムの純度が低く不純物も多く、次亜塩素酸ナトリウム濃度(0.5~0.6)も低いため、一般的な利用目的としての使用が難しい。しかしながら、本製品には次亜塩素酸カリウムが含まれているため、

排水処理の滅菌剤として利用できると考えている。実用化時を想定してエコ次亜塩素酸ナトリウムと呼称する。以下、エコ次亜と略称する。

海水の無隔膜電解法(無隔膜法と呼ぶ)による次亜生成装置は船舶関係では多くの実績があり、下水処理場では小樽市で実施されている。³⁾ また、この装置は浄水場やプールでも、食塩を溶解して次亜を生成し消毒用に使用されており、技術的には確立している。⁴⁾ しかし、浸出水からの副生塩についてはラボテストしか行われていない。そのため継続して運転するための問題把握がなされていないことや、生成次亜の濃度が低い欠点がある。

隔膜電解法(隔膜法と呼ぶ)はソーダ会社が食塩から苛性ソーダや塩素を製造する技術である。隔膜に使用するイオン交換膜は劣化し易く高価な製品のため、不純物を十分に除去しないと使用できない。しかし、高濃度エコ次亜が生成されるため市販次亜の代替として利用できる。そのため、副生塩のリサイクルをより推進できるシステムとして期待されている。実験は、電気透析膜、逆浸透膜による浸出水脱塩に伴う副生塩および焼却施設で乾式ナトリウムによる排ガス処理に伴う副生塩の3種類を用いて、連続稼働実験を行った。

(2) 実験装置

電解実験のフローを図2-1-7、2-1-8に示す。

電解槽はダイソーエンジニア(株)製で電極の面積は 1dm^2 で電流は直流 15A で実施した。電解槽の電解液流速(電極間)は 1m/sec (流速 18L/min)、隔膜法のイオン交換膜はデュポン社のナフイオン N324 を使用した。電解槽内の供給流量は無隔膜法で 3L/hr 、隔膜法で 300ml/hr を標準に実施した。実験に使用した装置を写

真2-1-1に示す。また、各々の方法による次亜生成の原理図を図2-1-9、2-1-10に示す。無隔膜法では、電解水を入れて、陰極側、陽極側でそれぞれ反応が起こり、エコ次亜が生成される仕組みである。隔膜法では、陽極側から電解水、陰極側から苛性ソーダを入れて、それぞれの反応から塩素、苛性ソーダ、水素が生成される。

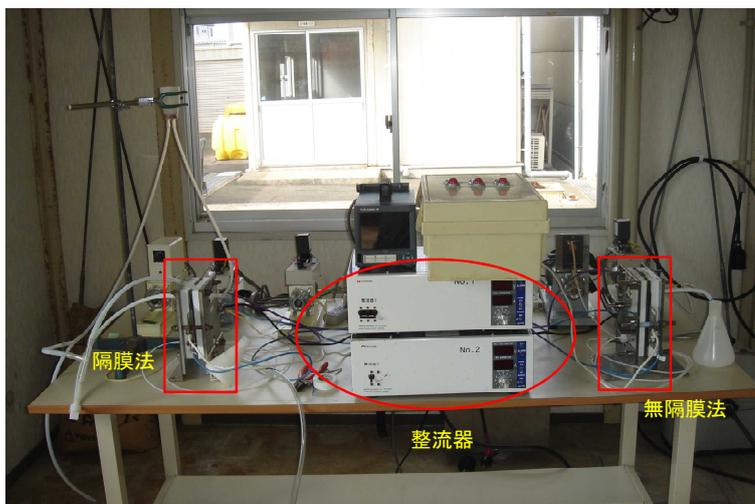


写真2-1-1 実験に使用した装置

この時、陽極側からナトリウムイオンが陰極側にイオン交換膜を経て移行するため、高濃度の苛性ソーダが生成される。塩素と苛性ソーダは、電解槽の外で反応し、エコ

次亜が生成される仕組みになっている。

無隔膜法は、副生塩を溶解した電解水の濃度を3%、5%、10%と設定した。電解水が低濃度であるため、低濃度のエコ次亜が生成される。高濃度のエコ次亜生成に向けて、現在検討している。隔膜法ではカルシウムの析出がごく少量になるようにカルシウム濃度を下げる必要があるため、電解水を飽和状態にすることが望まれる。実験で用いた電解水は、電気透析膜、逆浸透膜による浸出水脱塩に伴う副生塩と焼却施設で乾式ナトリウムによる排ガス処理に伴う副生塩である。

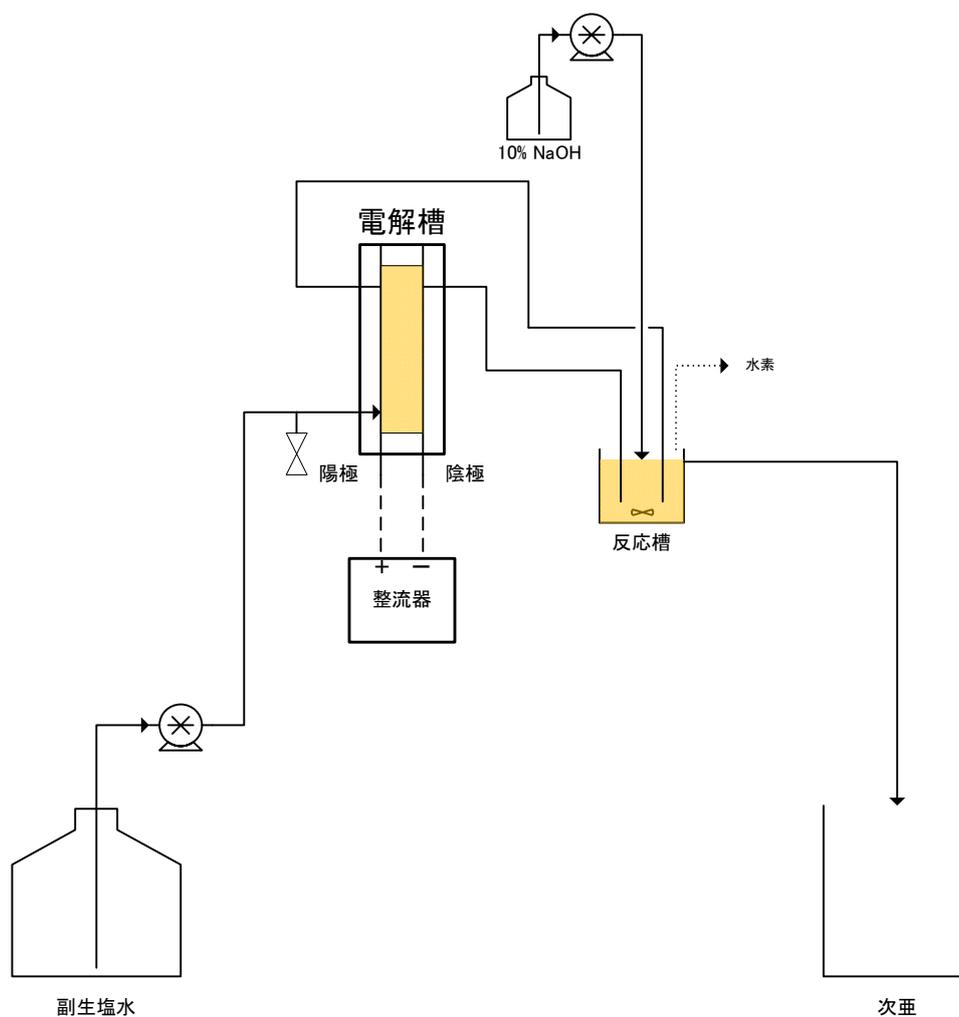


図 2-1-7 無隔膜電解フローシート

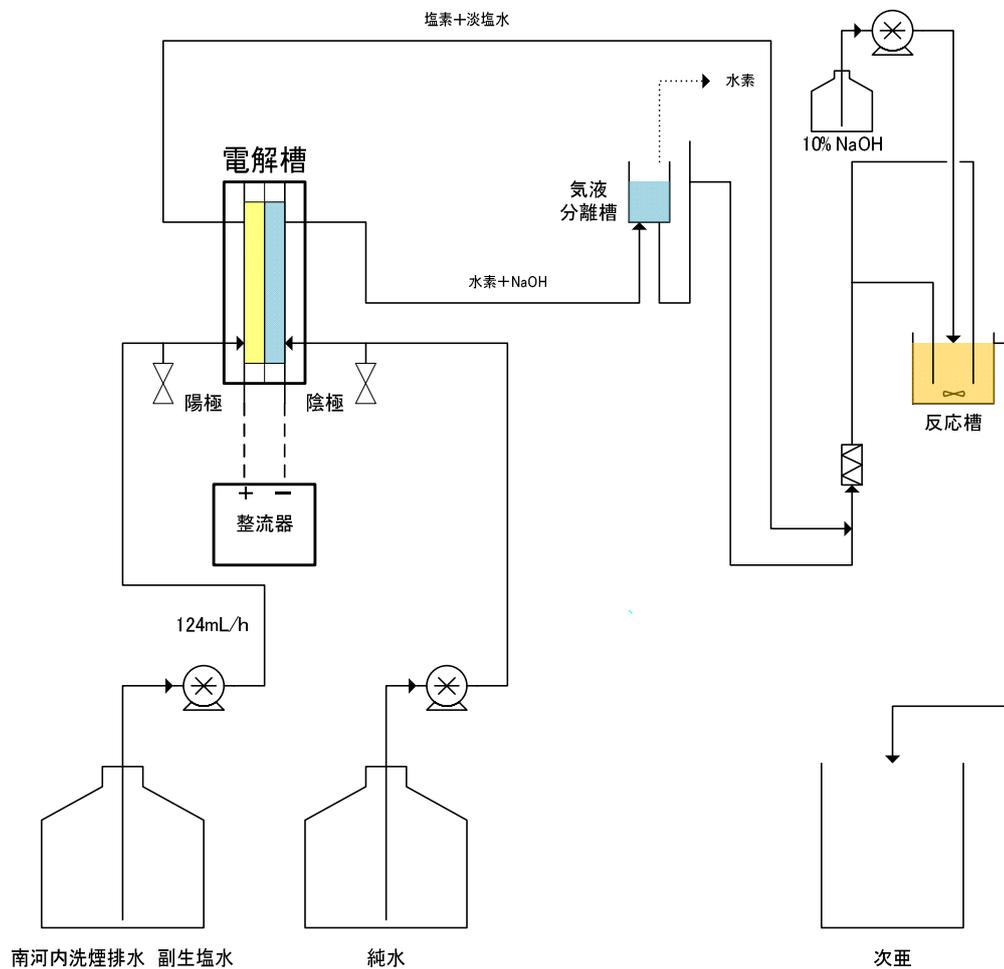


図 2-1-8 隔膜電解フローシート

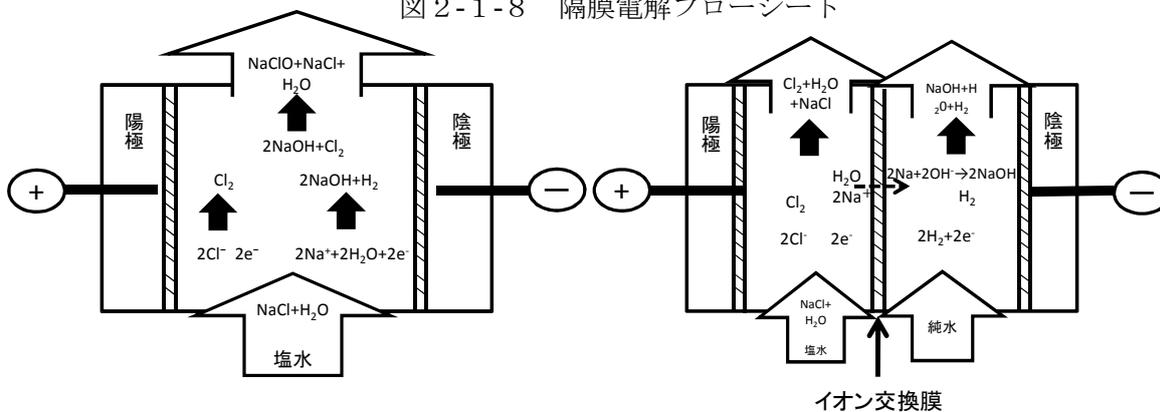


図 2-1-9 無隔膜法装置概要

図 2-1-10 隔膜法装置概要

(3) 実験結果

1) 副生塩の組成分析

表 2-1-2 に実験に用いた副生塩の組成を示す。カルシウム、マグネシウムは、逆浸透膜法が一番高いことが確認できる。また焼却施設の副生塩は乾式ナトリウム排ガス処理方式を採用しているためナトリウムの含有量が多い。

表 2-1-2 副生塩の分析結果²⁾

項目	電気透析法	逆浸透膜	乾式ナトリウム塩	試験方法
水分	9.8 wt%	10.2 wt%	0.9 wt%	-----
Ca	475 mg/kg	6.1 wt%	244 mg/kg	標準添加
Mg	0.34 wt%	654mg/kg	0.05wt%以下	- ICP 発光分析法
Na	30.4 wt%	18.4wt%	40.5 wt%	
K	5.4 wt%	12.1 wt%	0.02wt%	
Mn	2mg/kg以下	2 mg/kg以下	2 mg/kg以下	
Al	5mg/kg以下	7 mg/kg	2 mg/kg以下	
Si	53 mg/kg	6 mg/kg	5 mg/kg以下	
I	-----	9 mg/kg	5 mg/kg以下	自動滴定
Cl	46.9 wt%	47.0 wt%	60.4 wt%	
SO ₄ ²⁻	41 g/kg	16 g/kg	0.42 g/kg	
NO ₃ ⁻	1.3 g/kg	1.2 g/kg	0.05 g/kg以下	イオンクロマト法
Hg	0.01mg/kg以下	0.01 mg/kg以下	0.01 mg/kg以下	還元気化金アマルガム - 非分散二光束式冷原子吸光法

2) 無隔膜法による実験結果

無隔膜法を用いて、副生塩の電解試験(連続試験)を行った。その結果を表 2-1-3 に示す。電気透析膜、逆浸透膜による浸出水脱塩に伴う副生塩では、実験条件として塩水濃度 3% と設定し、有効塩素濃度が最大で 5,000ppm 程度が得られた。下水道終末処理場等で海水から製造される次亜塩素酸ナトリウムの平均的な有効塩素濃度である 1,000~2,000ppm³⁾を上回る高濃度のエコ次亜が得られた。

塩水濃度 3% では、カルシウム濃度を数十 mg/kg に設定すると、電解電圧が上昇せず、連続運転が可能であることが確認された。乾式ナトリウム排ガス処理方式を採用している副生塩では、塩水濃度を 5% と設定した場合、有効塩素濃度が最大で 5,400ppm 程度のエコ次亜が得られ、電解電圧が上昇せず、連続運転が可能であることが確認された。塩水濃度を 10% と設定した場合では、現段階で 4,500ppm 程度のエコ次亜が得られた。

表 2-1-3 無隔膜法による実験結果

副生塩	塩水濃度	Ca濃度	有効塩素濃度	電圧	結果
	(wt%)	(mg/kg)	(mg/L)	(V)	
電気透析膜	3	3.2	2,500~3,300	4.1~4.4	797時間通電で強制停止
逆浸透膜	3	25.9	3,700~5,200	4.1~4.6	773時間通電で強制停止
乾式ナトリウム塩	5	15	3,300~5,400	3.3~3.6	960時間通電で強制停止
乾式ナトリウム塩	10	30.5	4,400~4,900	3.7~4.0	現在稼働中 (200時間)

(1) 塩濃度と電流効率の関係

塩濃度と電流効率の関係を確認するために精製塩を用いて1、3、5、10、26%の塩水を作成し、ビーカーに500ml を入れ、電解して有効塩素濃度の経時変化を確認した。電解条件は 電流 150mA (電極面積: 1cm²、電流密度: 15A/dm²)とした。その結果を図2-1-10 に示した。塩濃度1%の場合、他の濃度と比較して電流効率が低い。有効塩素濃度が高くなれば電流効率は低下する。有効塩素濃度 3,000mg/l 程度までの場合、塩濃度3%以上であれば塩濃度は、電流効率にはあまり影響しないことが判った。

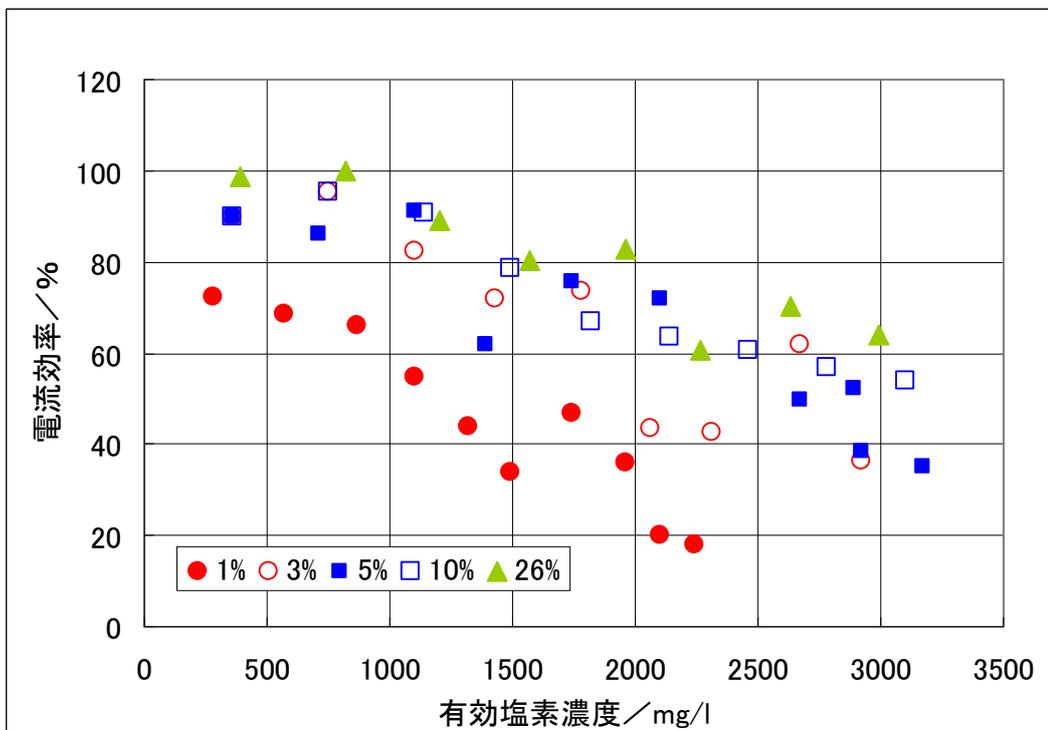


図 2-1-10 塩濃度と電流効率の関係

(2) 酸洗浄によるスケール防止

長期稼働を目的に最終処分場浸出水を RO 処理により脱塩回収した副生塩を用いて酸洗浄によるスケール除去を行い、その効果を確認した。その結果を図 2-1-11 に示した。塩水濃度 3%、Ca 濃度を 200 mg/L に調整し、1 週間連続電解運転後、3%の塩酸を 1 時間通液、水洗し、再運転を行った。なお洗浄の状況を確認するため、酸洗浄、水洗後に電解槽を解体し内部観察を行った。その結果を図 2-1-12、表 2-1-4 に示した。

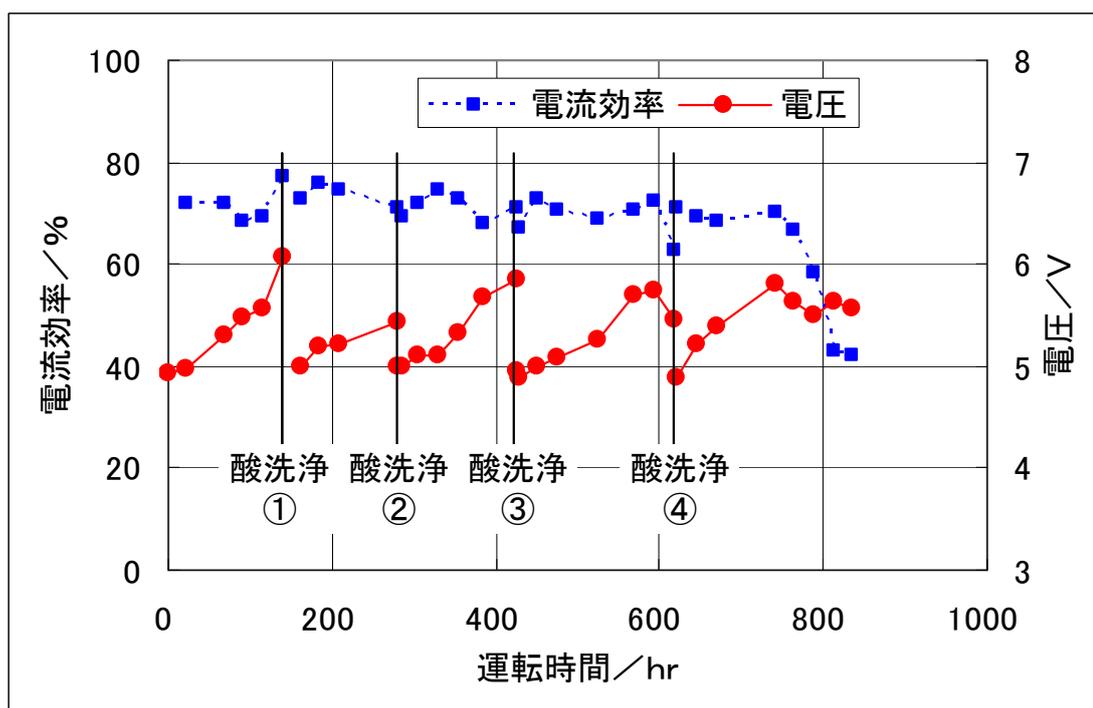


図 2-1-11 酸洗浄による連続運転結果

表2-1-4 酸洗浄条件および内部点検結果

	塩酸濃度	時間	結果
①	5%	3hr	良好
②	5%	1hr	ほぼ良好(電槽内に若干スケール残存)
③	3%	1hr	若干不良(陰極にスケールの残有り)
④	5%	1hr	

なお、有効塩素は 2,800～5,150mg/L(平均 4,400mg/L)であった。図2-1-11より酸洗浄により電圧が初期値まで低下しており、酸洗浄の効果があることがわかった。このことから酸洗浄を行うことにより、長期稼働が可能である。

3) 隔膜法による実験結果

隔膜電解法を用いて、回収塩の電解試験（連続試験）を行った。その結果を表 2-1-5 に示す。塩水濃度 26%での隔膜電解法では、有効塩素濃度が最大で 50,000ppm 程度が得られた。しかし、副生塩中に含有するカルシウムもしくはマグネシウムにより電解槽中に沈殿物が生成し、数百時間（条件によっては数十時間）で電解電圧が上昇することが確認された。電圧上昇の原因はカルシウム、マグネシウムによる膜の閉塞が原因と考えられる。今回、前処理としてカルシウム 5mg/L 以下にしたがスケールが生成してしまった。

表 2-1-5 隔膜法による実験結果

副生塩	塩水濃度 (wt%)	Ca濃度 (mg/kg)	有効塩素濃度 (mg/L)	電圧 (V)	結果
電気透析膜	26	4.4	37,400～42,700	4.2→8V	電圧上昇により停止（42時間）
逆浸透膜	26	79.4	46,000～48,200	4.7→8V	電圧上昇により停止（307時間）

電解電圧上昇の原因はカルシウム、マグネシウムによるイオン交換膜の閉塞が原因と考えられる。装置の解体時を写真 2-1-5、2-1-6 に示す。今回、数十 ppm でスケールが発生したため、今後はキレート剤等による ppb レベルまでの前処理が必要であると考えられる。(ダイソーエンジニア㈱へのヒヤリングではスケール防止のためキレート吸着を行っているが、副生塩の場合、コスト面で現場での実用化を考慮した場合、困難であると考え、槽内流速を変えることによる状況確認を行った。)



写真 2-1-5- イオン交換膜(陰極側)



写真 2-1-6 イオン交換膜(陽極側)

4) 結果のまとめ

無隔膜法では、電気透析膜、逆浸透膜による浸出水脱塩に伴う副生塩と焼却施設で乾式ナトリウムによる排ガス処理に伴う副生塩の3種類では、最大5,000ppm程度のエコ次亜が得られた。生成される次亜は低濃度ではあるがカルシウム濃度を数十mg/kgに設定すると、長期稼働が可能であり、実用化の目途がついた。

隔膜法では、最大で50,000ppm程度のエコ次亜が得られたが、回収塩中に含有するカルシウムもしくはマグネシウムにより電解槽中に沈殿物が生成し、数百時間（条件によっては数十時間）で電解電圧が上昇することが確認された。電圧上昇の原因はカルシウム、マグネシウムによる膜の閉塞が原因と考えられる。今回、前処理としてカルシウム5mg/L以下にしたがスケールが生成してしまったため今後はキレート剤等によるppbレベルまでの前処理が必要であることを再確認した。

2-1-3. エコ次亜消毒滅菌効果確認実験

(1) 実験概要

無隔膜電解法で生成したエコ次亜と比較対象とする市販次亜（特級）の有効塩素を希釈してエコ次亜の有効塩素と同じにし、水道用次亜塩素酸ナトリウム JWWA K 120 に定められている 7 項目の分析を行った。表 2-1-6 に分析結果を示した。また表 2-1-7 にエコ次亜および市販次亜の重金属類の分析結果を示した。

表 2-1-6 JWWA K120 に基づく分析結果

分析項目	分析結果	
	エコ次亜	市販品次亜
有効塩素 (w/v%)	0.378 (0.360)	0.376 (0.373)
外観	かすかに淡黄色の透明な液体	かすかに淡黄色の透明な液体
密度	1.048	1.008
遊離アルカリ (w/w%)	<0.04	<0.04
臭素酸 (mg/kg)	200	<3
塩素酸 (mg/kg)	<300	1100
塩化ナトリウム (w/v%)	6.31 (6.01)	0.25 (0.25)

※カッコ内の分析結果の単位は w/w%。

表 2-1-7 不純物分析（重金属分析）結果

分析項目	単位	分析結果		排水基準
		エコ次亜	市販品次亜	
カドミウム	mg/kg	<0.5	<0.5	0.1 mg/L
鉛	mg/kg	<0.5	<0.5	0.1 mg/L
六価クロム	mg/kg	<1	<1	0.5 mg/L
砒素	mg/kg	<0.5	<0.5	0.1 mg/L
水銀	mg/kg	<0.01	<0.01	0.005 mg/L
アルキル水銀	mg/kg	<0.01	<0.01	検出されないこと
セレン	mg/kg	<0.5	<0.5	0.1 mg/L

ほう素	mg/kg	<1	<1	10 (230)**mg/L
ふっ素	mg/kg	<1	<1	8 (15)**mg/L
銅	mg/kg	<1	<1	3 mg/L
亜鉛	mg/kg	<1	<1	2 mg/L
溶解性鉄	mg/kg	<1	<1	10 mg/L
溶解性マンガン	mg/kg	<1	<1	10 mg/L
クロム	mg/kg	<1	<1	2 mg/L

※かっこ内の数値は海域へ排出する場合

表 2-1-7 エコ次亜と市販次亜の重金属類分析結果

	カドミウム (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	六価クロム (mg/kg)	砒素 (mg/kg)	水銀 (mg/kg)	アルキル水銀 (mg/kg)	セレン (mg/kg)
エコ次亜	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.01	<0.01	<0.5
市販品次亜	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.01	<0.01	<0.5
	ほう素 (mg/kg)	ふっ素 (mg/kg)	銅 (mg/kg)	亜鉛 (mg/kg)	溶解性鉄 (mg/kg)	溶解性マンガン (mg/kg)	クロム (mg/kg)
エコ次亜	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
市販品次亜	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

消毒実験で使用する試験液は以下の 3 種類とし、それぞれの塩素消費量を事前に測定した。その結果を図 2-1-13, 2-1-14 に示した。

試験液 A : A 市下水処理場の滅菌前処理水

試験液 B : B 市下水処理場の滅菌前処理水

試験液 C : C 市にある民間の安定型最終処分場浸透水

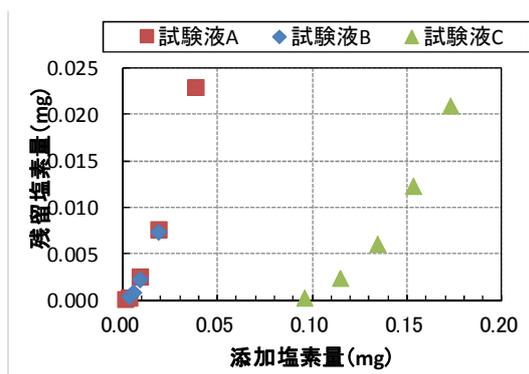


図 2-1-13 添加塩素量と残留塩素量

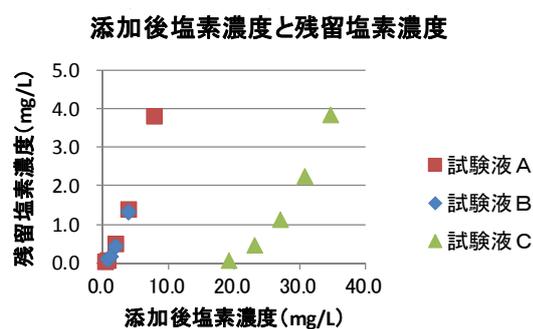


図 2-1-14 添加後塩素濃度と残留塩素濃度

(2) 実験結果

図2-1-15にエコ次亜と市販次亜の各試験液に対する一般細菌と大腸菌群数の消毒効果を示した。これよりエコ次亜は市販次亜とほぼ同等の消毒能力を有することが分かった

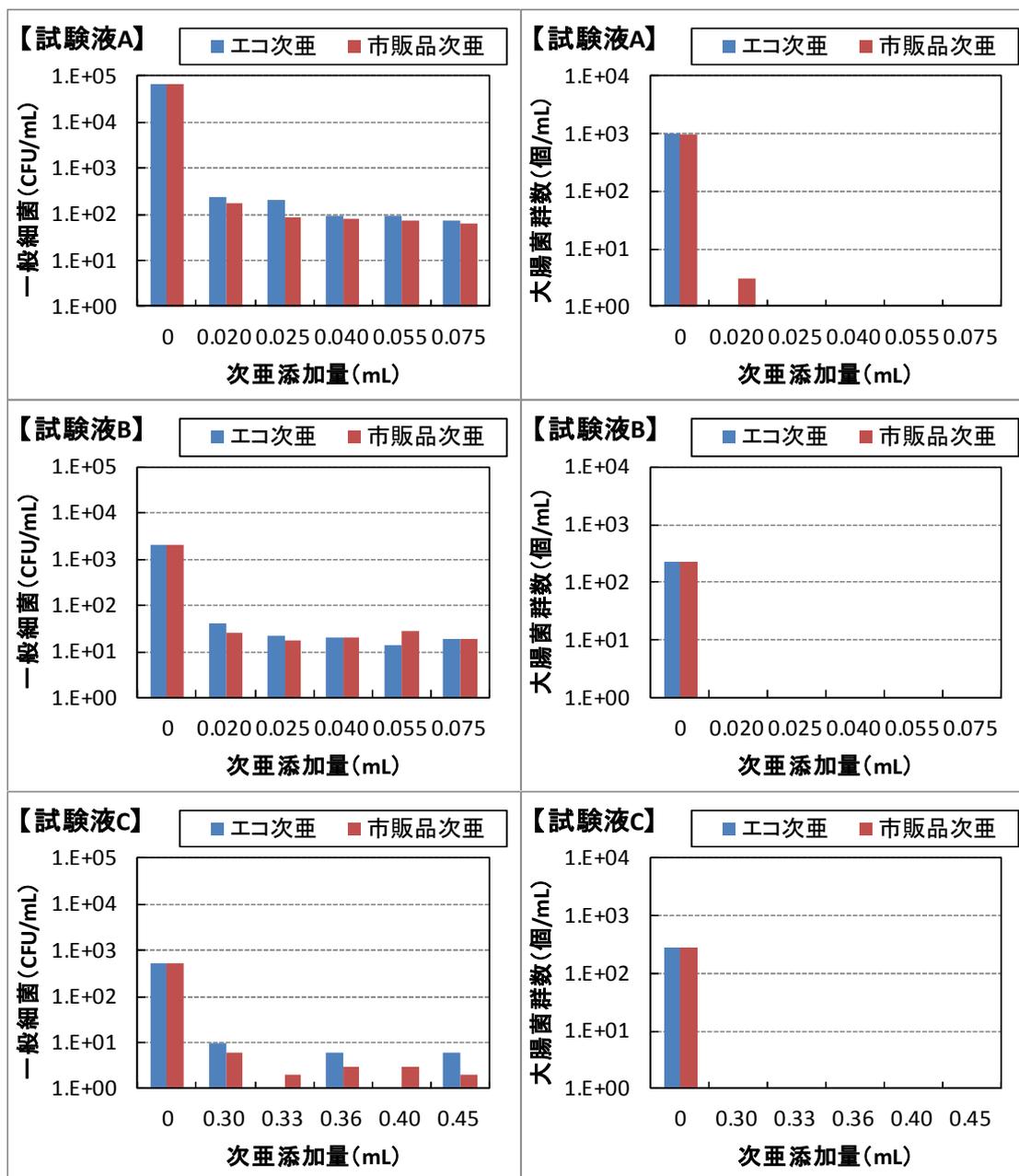


図2-1-15 エコ次亜の消毒滅菌効果

2-1-4. エコ次亜の下水道終末処理場での消毒剤利用を

想定したフィジビリティスタディー

(1) 副生塩の発生量

最終処分場などから環境中に流出する塩類(副生塩)は、主に焼却残渣から溶出するといわれている。ごみ焼却に伴い発生する副生塩は、可燃ごみに含まれる塩素分に起因している。焼却炉の形態により発生する箇所などが異なる。ストーカ炉の場合は焼却灰(主灰)と焼却飛灰に残留し、一部は排ガスとして大気に排出される。ごみ焼却に伴う塩素の物質収支をマクロ的にみると次のようになっている。

可燃ごみ	→	焼却灰(主灰)	→	焼却飛灰	→	排ガス
Cl : 0.40%		Cl : 0.08%		Cl : 0.30%		Cl : 0.02%
(100%)		(20%)		(75%)		(5%)

なお、この焼却飛灰は排ガス処理でバグフィルタに石灰などのアルカリ剤を吹き込み、捕捉された反応生成物中の塩素分である。集じん装置の後段で苛性ソーダによる除去を行う湿式洗煙では、主に洗煙排水中に捕捉され、また、二段バグ後段に重曹を吹き込む方式では、主に捕集飛灰中に捕捉されることから、焼却残渣に含まれる塩素量は少なくなる。塩素の物質収支から副生塩の発生量を食塩 (NaCl) 換算 ($\text{NaCl}/\text{Cl} = (23+35.5) / 35.5 = 1.65$) すると次のように算定される。

	可燃ごみ	→	焼却灰(主灰)	→	焼却飛灰
NaCl 換算	0.66%		0.13%		0.50%

すなわち、可燃ごみ 100 t を焼却すると副生塩は 0.6~0.7 t 程度発生し、その内排ガス処理から約 8 割の 0.5 t が発生すると予測される。

なお、最終処分場でカルシウムや金属類を除去した後に回収される副生塩の組成は、排ガス系から発生する副生塩はほぼ 100%NaCl として回収できるが、主灰系は KCl との混合物として回収される。

(2) 焼却施設の規模と副生塩発生量

わが国のごみ排出量は 1 人 1 日 1,000 g、その内可燃ごみが 800 g である。これは事業系の一般廃棄物も含んだ総排出量の実績値である。この排出量から 10 万人都市の可燃ごみ量は 1 日 80 t、50 万人都市で 400 t となる。前述した副生塩の発生量から算定すると 80 t

焼却で 0.5 t となる。1 t の副生塩は 20 万人都市、5 t は 100 万人都市からの発生量に相当する。また、焼却施設の規模はこの年間平均発生量に対して、季節変動や炉の稼働率などを考慮して設定されている。通常は平均焼却量の 1.35 倍(稼働率 0.74)程度の値が用いられている。これらをまとめると表 2-1-8 のようになる。

表 2-1-8 施設規模と副生製塩量

副生塩(t/d)	平均焼却量(t/d)	施設規模(t/d)	都市規模
0.1	16	22	2 万人
0.5	80	110	10 万人
1.0	160	220	20 万人
5.0	800	1,100	100 万人

(注)・排ガス処理の副生塩を対象とする場合は 0.8 掛け程度となる。

・焼却施設の規模はこの値より大きく設定されているところが多い。

(3) FS 検討ケースと条件

副生塩の発生量の多少により、次の 4 ケースについて FS 検討する。検討ケースおよび検討条件は表 2-1-9 のとおりである。

表 2-1-9 FS 検討ケース

ケース	副生塩 (t/d)	塩水量(m ³ /d)	有効塩素(kg/d)	有効塩素(kg/h)
ケース I	0.1	2	6	0.25
ケース II	0.5	10	30	1.25
ケース III	1.0	20	60	2.5
ケース IV	5.0	100	300	12.5

1) 電解装置の設置場所

エコ次亜生成装置用の無隔膜電解装置は、下水処理場の消毒槽付近に設置する。これは、生成エコ次亜がアルカリを添加しないと短時間で分解するためである。ただし、下水処理場が近距離にある場合は、生成したエコ次亜を運搬し利用することもできるので、下水道施設管理事業者側との合意形成が難航する場合などは有効な手法といえる。

2) 副生塩の運搬

副生塩は固化塩(紛体)を運搬して、電解装置側で溶解して使用する方法が一般的な考え

方である。しかし、本検討では2次濃縮・乾燥固化の省エネなどを重視して、1次濃縮水(5%程度の塩水濃度)をタンクローリー車で運搬する案で計画する。通常、下水処理場は5~15km程度離れており、量が少ない場合は委託運搬が一般的と考えられる。濃縮塩水の運搬は産廃業者に委託することになるが、大規模で運搬距離など大掛かりになる場合、2次濃縮水(20%程度の塩水濃度)を運搬し、希釈して利用する案もある。また、直営で運搬する案もあるので、これらを含めて別途検討して最適案を選定することが望ましい。

3) 塩水濃度とエコ次亜生成濃度

当初は塩水濃度を海水と同様の3%程度で生成次亜濃度0.15%(有効塩素)で計画していたが、本研究で色々な濃度で実証試験を行った結果、5~6%で、より濃厚なエコ次亜が長期間安定して生成できることが判明した。これらの結果を受けて、本検討では安定処理を重視して、塩水濃度5%、生成次亜濃度0.3%で計画する。

なお、実証試験では生成次亜濃度0.5~0.6%も確認できたが、長期間の運転を行っていないため、高濃度で計画する場合はスケール発生について再チェックが必要である。カルシウム濃度が低く(30mg/L程度以下)、スケール発生の少ない塩水については、塩水濃度10%で生成次亜濃度0.6%で計画することも可能と考えられる。

4) 無隔膜電解装置

無隔膜電解装置は供給ポンプ、電解槽、整流器、操作盤、次亜濃度計などから構成され、屋外式で無人運転が可能となっている。

電解槽の陽極から発生する塩素はアルカリと反応してエコ次亜となるが、陰極から発生する水素ガスは大気拡散を行う必要がある。エコ次亜生成濃度は整流器の電流値で任意に設定できるが、電流値を上げすぎると効率が下がり、電極スケールの発生が早まる。スケールが付着すると装置を停止し、塩酸による電極の清掃が必要となる。

このため、電極清掃は年間2、3回の定期点検時に行うよう計画されている。また、系列も1系列で設置できるよう配慮されている。電極のスケール以外の故障はほとんどないが、警報は下水の管理側へ発信する必要がある。

5) 下水道消毒システム

このシステムは浸出水処理施設などに設置される脱塩装置からの一次濃縮水を、次に示すように下水処理水の消毒用に利用することにより、下水道の購入次亜を節減するものである。

下水側の次亜注入量は水量変動や処理法により異なっているが、既存の次亜注入装置で従

来どおり制御できるため、エコ次亜の注入量は一定量とする。なお、多量にエコ次亜を使用する場合は下水道施設管理事業者側と十分協議し、平均次亜使用量の70%以下の供給量が望ましい。

また、副生塩の発生側では二次濃縮装置・乾燥固化装置・産廃処分は廃止または不要となる。

【副生塩発生側：供給運搬】

一次濃縮水・・・濃縮水受水槽・・・タンクローリー車・・・下水道処理場へ
5%塩水

【下水道施設管理事業者側下水側：エコ次亜生成注入装置】

次亜貯留注入装置
↓有効塩素 10.5%

濃縮水貯留槽・・・電解装置・・・エコ次亜貯留槽・・・注入ポンプ・・・消毒槽・・・放流

有効塩素 0.3%

有効塩素 1.5 mg/L
(平均注入量)

(4). FS 計算

浸出水処理水を濃縮固化し産廃処分している副生塩発生側では、次のような経済的な収入(メリット)と支出(負担)が発生する。

【収入】

A：1次濃縮水を2次濃縮、乾燥固化するための燃料費・電気代・点検補修費などが不要となる。(規模・方式により差異があるが、本検討では1次濃縮水5.5%(TDS)を蒸気により22%まで2次濃縮しその後乾燥するシステムについて、用役量を調査した。燃料は灯油で90円/L、電気15円/kWh、冷却水10円/m³、清水100円/m³を用い算定した。それに点検補修費を含んで、ケースIで7,000円/m³、ケースIIで6,000円/m³、ケースIIIで5,000円/m³、ケースIVで4,000円/m³を用いる。)

B：固化塩の産廃処分費が不要となる。

(地域により産廃処分費は異なるが、本検討では運搬費込みで40,000円/tを用いる。)

C：下水道施設管理事業者側からエコ次亜の売却料金が入る。

(本検討では下水道施設管理事業者側

のメリットを考え、購入次亜削減費の6割程度を目安に算定する。)

【支出】

D: 1次濃縮水の運搬費が必要となる。(10 m³タンクローリー車で、10 km程度を運搬する前提で1,400~2,000 円/m³を用いる。)

E: エコ次亜生成装置の設置が必要である。(電解装置は屋外式で設置することを原則とし、雨よけ程度の屋根を設ける。この設置費はケース毎に貯留・注入設備を含めた見積もりにより算定した。年間の設備償還費は設備の償還期間を7年間とし、金利や物価上昇を見込み設備費の1.25倍で算定する。)

F: エコ次亜生成装置の電気料金が必要である。(電気料金は地域や契約形態により異なっている。本検討では電力料金は基本料金と値上げも考慮して17 円/ kWhを用いる。なお、提示された電力原単位は最大設備電力のため、料金算定では0.8掛けとする。)

G: エコ次亜生成装置の点検整備費が必要である。(定期点検と調整を年間2,3回実施する。なお規模の大小により点検調整回数を考慮する。また、3年に1回電極の補修などが必要なため、平均値を加算する。)

下水道施設管理事業者側下水側では次のような経済的な収入と支出が発生する。

【収入】

H: 市販次亜購入費が節減できる。(市販次亜の購入単価は地域や使用量などにより異なっているが、本検討では40 円/kgを用いる。なお、12%市販次亜は有効塩素10.5%で比重1.2の製品である。市販次亜の節減量はエコ次亜発生量を有効塩素換算して算定する。)

【支出】

I: エコ次亜の購入料金が発生する。(前述したように、購入次亜削減費の6割をエコ次亜料金とする。) 4-1 ケース I 収支

条件: 濃縮水 2m³/d(5%)、固化塩 0.1 t/d、次亜生成量 6 kg/d (2万人都市)

(1)発生側収入

A(濃縮・乾燥費): 2m³/d×7,000 円/m³×365d≒5,100,000 円/年

B(固化塩処分費): 0.1t/d×40,000 円/t×365d≒1,500,000 円/年

C(エコ次亜売却費): I 参照 500,000 円/年

小計 7,100,000 円/年

(2)発生側支出

D(運搬費) : $2\text{m}^3/\text{d} \times 2,000 \text{ 円}/\text{m}^3 \times 365\text{d} \doteq 1,500,000 \text{ 円}/\text{年}$

E(設備償還費) : $25,000,000 \text{ 円} \times 1.25 \div 7 \text{ 年} \doteq 4,500,000 \text{ 円}/\text{年}$

F(設備電力費) : 1 式 700,000 円/年

G(点検調整費) : 1 式 1,200,000 円/年

小計 7,900,000 円/年

(3)発生側収支計(1)－(2) - 800,000 円/年

(4) 下水道施設管理事業者側下水側収入

H(次亜購入費) : $6 \text{ kg}/\text{d} \div 0.105 \times 40 \text{ 円}/\text{kg} \times 365\text{d} \doteq 800,000 \text{ 円}/\text{年}$

(5) 下水道施設管理事業者側支出

I(エコ次亜購入費) : $800,000 \text{ 円}/\text{年} \times 0.6 \doteq 500,000 \text{ 円}/\text{年}$

(6) 下水道施設管理事業者側収支計(4)－(5) + 300,000 円/年

(7)全体合計(3)+(6) - 500,000 円/年

(注)

・ 電解装置設置費 22,000 千円、付帯工事費 3,000 千円

・ 設備電力費 = $6 \text{ kg}/\text{d} \times 22\text{kWh}/\text{kg} \times 0.8 \times 17 \text{ 円}/\text{kWh} \times 365\text{d} \doteq 700,000 \text{ 円}/\text{年}$

4-2 ケース II 収支

条件 : 濃縮水 $10\text{m}^3/\text{d}(5\%)$ 、固化塩 $0.5 \text{ t}/\text{d}$ 、次亜生成量 $30 \text{ kg}/\text{d}$ (10 万人都市)

(1)発生側収入

A(濃縮・乾燥費) : $10\text{m}^3/\text{d} \times 6,000 \text{ 円}/\text{m}^3 \times 365\text{d} = 21,900,000 \text{ 円}/\text{年}$

B(固化塩処分費) : $0.5\text{t}/\text{d} \times 40,000 \text{ 円}/\text{t} \times 365\text{d} = 7,300,000 \text{ 円}/\text{年}$

C(エコ次亜売却費) : I 参照 2,500,000 円/年

小計 31,700,000 円/年

(2)発生側支出

D(運搬費) : $10 \text{ m}^3/\text{d} \times 1,800 \text{ 円}/\text{m}^3 \times 365\text{d} \doteq 6,600,000 \text{ 円}/\text{年}$

E(設備償還費) : $47,000,000 \text{ 円} \times 1.25 \div 7 \text{ 年} \doteq 8,400,000 \text{ 円}/\text{年}$

F(設備電力費) : 1 式 2,200,000 円/年

G(点検調整費) : 1 式 1,700,000 円/年

小計	18,900,000 円/年
(3)発生側収支計(1)－(2)	+12,800,000 円/年
(4) 下水道施設管理事業者側収入	
H(次亜購入費) : $30 \text{ kg/d} \div 0.105 \times 40 \text{ 円/kg} \times 365\text{d} \doteq 4,200,000 \text{ 円/年}$	
(5) 下水道施設管理事業者側支出	
I(エコ次亜購入費) : $4,200,000 \text{ 円/年} \times 0.6 \doteq 2,500,000 \text{ 円/年}$	
(6) 下水道施設管理事業者側収支計(4)－(5)	+1,700,000 円/年
(7)全体合計(3)+(6)	+14,500,000 円/年

(注)

- ・電解装置設置費 42,000 千円、付帯工事費 5,000 千円
- ・設備電力費 = $30 \text{ kg/d} \times 15\text{kWh/kg} \times 0.8 \times 17 \text{ 円/kWh} \times 365\text{d} \doteq 2,200,000 \text{ 円/年}$

4-3 ケースⅢ収支

条件 : 濃縮水 $20\text{m}^3/\text{d}(5\%)$ 、固化塩 1.0 t/d 、次亜生成量 60 kg/d (20 万人都市)

(1)発生側収入

A(濃縮・乾燥費) : $20\text{m}^3/\text{d} \times 5,000 \text{ 円/m}^3 \times 365\text{d} = 36,500,000 \text{ 円/年}$	
B(固化塩処分費) : $1.0\text{t/d} \times 40,000 \text{ 円/t} \times 365\text{d} = 14,600,000 \text{ 円/年}$	
C(エコ次亜売却費) : I 参照	5,000,000 円/年
小計	56,100,000 円/年

(2)発生側支出

D(運搬費) : $20 \text{ m}^3/\text{d} \times 1,600 \text{ 円/ m}^3 \times 365\text{d} = 11,700,000 \text{ 円/年}$	
E(設備償還費) : $70,000,000 \text{ 円} \times 1.25 \div 7 \text{ 年} = 12,500,000 \text{ 円/年}$	
F(設備電力費) : 1 式	4,200,000 円/年
G(点検調整費) : 1 式	2,400,000 円/年
小計	30,800,000 円/年

(3)発生側収支計(1)－(2) +25,300,000 円/年

(4) 下水道施設管理事業者側収入

H(次亜購入費) : $60 \text{ kg/d} \div 0.105 \times 40 \text{ 円/kg} \times 365\text{d} \doteq 8,300,000 \text{ 円/年}$

(5) 下水道施設管理事業者側支出

I(エコ次亜購入費) : $8,300,000 \text{ 円/年} \times 0.6 \doteq 5,000,000 \text{ 円/年}$

(6) 下水道施設管理事業者側収支計(4)-(5) +3,300,000 円/年

(7)全体合計(3)+(6) +28,600,000 円/年

(注)

・電解装置設置費 64,000 千円、付帯工事費 6,000 千円

・設備電力費 = $60 \text{ kg/d} \times 14 \text{ kWh/kg} \times 0.8 \times 17 \text{ 円/kWh} \times 365 \text{ d} \doteq 4,200,000 \text{ 円/年}$

4-4 ケースIV収支

条件 : 濃縮水 $100 \text{ m}^3/\text{d}(5\%)$ 、固化塩 5.0 t/d t/d、次亜生成量 300 kg/d (100 万人都市)

(1)発生側収入

A(濃縮・乾燥費) : $100 \text{ m}^3/\text{d} \times 4,000 \text{ 円/m}^3 \times 365 \text{ d} = 146,000,000 \text{ 円/年}$

B(固化塩処分費) : $5.0 \text{ t/d} \times 40,000 \text{ 円/t} \times 365 \text{ d} = 73,000,000 \text{ 円/年}$

C(エコ次亜売却費) : I 参照 25,000,000 円/年

小計 244,000,000 円/年

(2)発生側支出

D(運搬費) : $100 \text{ m}^3/\text{d} \times 1,400 \text{ 円/m}^3 \times 365 \text{ d} \doteq 51,100,000 \text{ 円/年}$

E(設備償還費) : $180,000,000 \text{ 円} \times 1.25 \div 7 \text{ 年} \doteq 32,100,000 \text{ 円/年}$

F(設備電力費) : 1 式 17,900,000 円/年

G(点検調整費) : 1 式 5,600,000 円/年

小計 106,700,000 円/年

(3)発生側収支計(1)-(2) +137,300,000 円/年

(4) 下水道施設管理事業者側収入

H(次亜購入費) : $300 \text{ kg/d} \div 0.105 \times 40 \text{ 円/kg} \times 365 \text{ d} \doteq 41,700,000 \text{ 円/年}$

(5) 下水道施設管理事業者側支出

I(エコ次亜購入費) : $41,700,000 \text{ 円/年} \times 0.6 \doteq 25,000,000 \text{ 円/年}$

(6) 下水道施設管理事業者側収支計(4)-(5) +16,700,000 円/年

(7)全体合計(3)+(6) +154,000,000 円/年

(注)

- ・ 電解装置設置費 168,000 千円、付帯工事費 12,000 千円
- ・ 設備電力費 = $300 \text{ kg/d} \times 12 \text{ kWh/kg} \times 0.8 \times 17 \text{ 円/kWh} \times 365 \text{ d} \approx 17,900,000 \text{ 円/年}$

(5). まとめ

浸出水処理施設などで脱塩施設を設置し、固化塩を産廃処分するところが増加している。今回は塩分濃度 5%程度に濃縮した 1 次濃縮水を、付近の下水処理場に運搬し処理水の消毒用に利用する案で F S 検討を行った。

検討ケースとして 2 万人から 100 万人都市を想定し 4 ケースを選定した。副生塩の発生量も 1 日 0.1 t から 5 t を想定している。

F S 計算としては、1 次濃縮水を 2 次濃縮・乾燥・固化し産廃処分する費用と、濃縮水をタンクローリー車で運搬し、無隔膜電解装置でエコ次亜を生成し購入次亜費を削減する費用を算定した。算定結果と収支は表 2-1-10 のとおりである。

表 2-1-10 統括表

単位：千円/年

項目	ケース I	ケース II	ケース III	ケース IV	備考
副生塩	0.1 t/d	0.5 t/d	1.0 t/d	5.0 t/d	
濃縮塩水	2m ³ /d	10m ³ /d	20m ³ /d	100m ³ /d	
都市規模	2 万人	10 万人	20 万人	100 万人	
a 濃縮乾燥費	5,100	21,900	36,500	146,000	A
b 固化塩処分費	1,500	7,300	14,600	73,000	B
c 塩水運搬費	1,500	6,600	11,700	51,100	D
d エコ次亜生成費	6,400	12,300	19,100	55,600	E+F+G
e エコ次亜売却費	500	2,500	5,000	25,000	C
f 次亜購入節減費	300	1,700	3,300	16,700	H-I
発生側収支	-800	+12,800	+25,300	+137,300	a+b+e-c-d
下水道施設管理 事業者側収支	+300	+1,700	+3,300	+16,700	f
全体収支	-500	+14,500	+28,600	+154,000	

これによると、規模が小さいと赤字になり、大きくなるほど発生側及び下水道施設管理事

業者側のメリットが大きくなっている。

内容的には濃縮乾燥の費用が大きく影響している。この処理費用は方式・規模・油代などで大きく変動するので、実情に合わせて補正する必要がある。中小規模施設の事例は多くあるが、1日5tの副生塩を発生する稼働実績はない状況である。

また、100万人都市になると下水処理場も複数設置される場合が多いので、エコ次亜電解装置の施設規模としては1日10~40m³ (0.5~2t)程度が現実的といえる。すなわち、ケースⅢ程度を標準に実現化すると、発生側の経済的メリットが大きく表れることが明らかとなった。このリサイクルシステムは、経済性のみならず、同一地域内での循環利用が推進でき、地球温暖化防止(油や電気の節減)にも寄与できるので、今後の普及が期待されるところである。

2-2. 副生塩の凍結防止剤への再利用における環境安全性評価

(1) 試験概要

廃棄物処理に伴って産出される副生塩を凍結防止剤としてリサイクルするに当たり、その安全性を評価することを目的とした。今回は、最も一般的な評価生物種として、動物としては陸生哺乳類と水生魚類、植物としては陸生植物を対象とし、急性毒性を中心とした以下の4項目について試験を行った。尚、水生生物としての代表種である甲殻類については塩分による影響が顕著であることから除外することとした。試験対象試料として、5種の副生塩YT (RO 浸出水脱塩濃縮水)、SD (RO 浸出水脱塩濃縮水)、YS (RO 浸出水脱塩濃縮水)、HM (清掃工場乾式ナトリウム法回収副生塩)、MK (清掃工場湿式洗煙排水回収副生塩) について、それぞれ以下の試験を行い、安全性評価の検討を行った。

(2) 試験結果

1) 魚類急性毒性試験

魚類に対する急性影響評価法として広く用いられている OECD のガイドライン TG203 (魚類急性毒性試験) に準拠して行った。試験に使用する魚類はヒメダカを用い、試験水に 96 時間曝露した後、半数致死濃度 (LC50) を算出し、指標とした。写真 2-2-1 に試験状況を示した。



① 試験条件

試験生物：ヒメダカ、成魚、オス

写真 2-2-1 急性毒性試験状況

試験水：副生成塩を溶解した飼育水

※ 希釈および対照区に使用する水は、水道水を塩素除去したものを 24℃ に調温し、活性炭処理したものを使用した。

試験濃度：試験濃度における希釈倍率は、5 濃度区程度とし、あらかじめ行った簡便な曝露予備試験により決定した。各副生塩の暴露濃度を表 2-2-1 に示す。

表 2-2-1 急性毒性試験暴露濃度

副生塩	暴露濃度(%)					
	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%
YT	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%
SD	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.1%	
YS	1.0%	1.1%	1.2%	1.3%	1.4%	
HM	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%	1.9%	2.0%
MK	1.7%	1.8%	1.9%	2.0%	2.1%	2.3%

曝露期間：96 時間

試験容器：2 ℓ水槽

供試数：10 匹 / 1 水槽

換水：半止水（2 日に 1 回水槽及び試験水交換）

水温：23±2℃

エアレーション：エアポンプから 0.2 μm フィルター処理した空気を水槽に吹き込む

明暗周期：16 明期 8 暗期(7 時点灯、23 時消灯)

(結果概要)

魚類急性毒性試験においては 5 種の副生塩でヒメダカに対する毒性に違いがみられ(図 2-2-1)、YT(0.39%)>SD(0.84%)>YS(1.28%)>HM(1.81%)>MK(2.13%)の順で毒性が強かった。

また、市販の塩(NaCl)と比較してどうかを調べるため、NaClでの簡易暴露試験を行った。

その結果を図 2-2-2 に示す。

NaClのLC50は1.6~1.7%((プロビット法では計算できない)であった。従って、副生塩 MK と HM は NaCl より毒性が低く、YT、SD、YS は毒性が高いことが示された。また、淡水魚は海水のような濃い塩濃度の中では

浸透圧調整ができず、死に至ると言われている。今回、各副生塩の電気伝導度(EC 値)は、同じ濃度であればほぼ同じ値であり、それぞれの LC50 では EC 値が大きく異なる(塩濃度が異なる)こと、また、副生塩によっては低い塩濃度でも死亡がみられることなどから、それぞれの LC50 に差がみられたことは、単に浸透圧調整の不具合によるものではなく、何らかの毒性の違いにより生じたものと推察される。

2) 魚類初期生活段階毒性試験

魚類急性影響評価法と同じく、OECD のガイドライン TG210 (魚類急性毒性試験)に準拠して行った。試験に使用する魚類はヒメダカを用い、採取した受精卵から孵化し、無給餌で

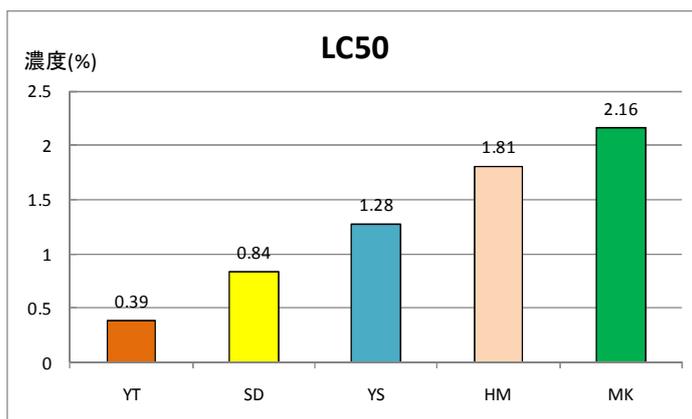


図 2-2-1 各副生塩の半数致死濃度

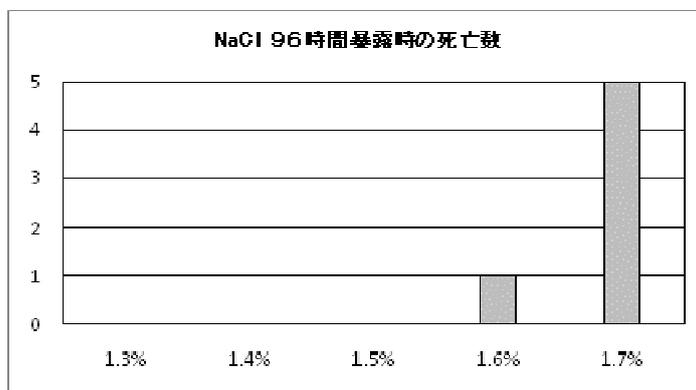


図 2-2-2 96 時間以内の死亡数 (NaCl)

仔魚が死亡するまで試験物質を連続的に暴露した。毎日観察し、孵化個体数を計測、孵化した個体については生存日数を計測した。写真2-2-2に試験状況を示した。

調査項目

①孵化率

②生存日数（無給餌試験）

試験条件

試験生物：ヒメダカ受精卵

試験水：副生成塩を溶解した飼育水

※ 希釈に使用する水、及び対照区に使用する水には、水道水を塩素除去したものを24℃に調温し、活性炭処理したものを使用した。

試験濃度：試験濃度における希釈倍率は、5濃度区とした。

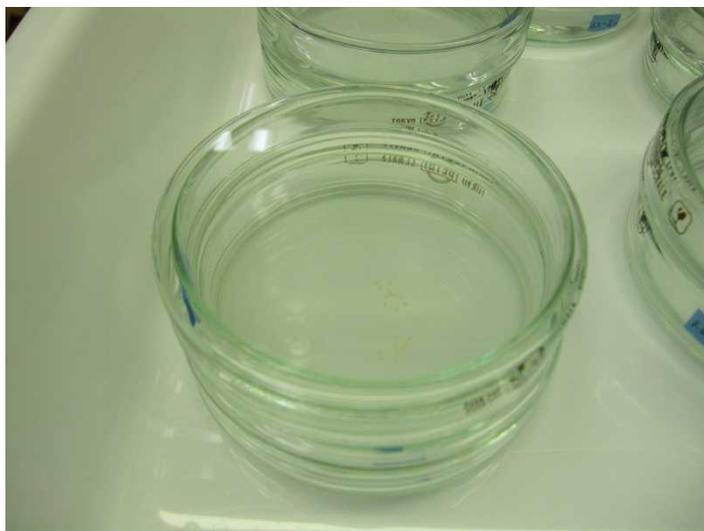


写真2-2-2 魚類初期生活段階毒性試験状況

各副生塩とも0.2%区、0.4%区、0.8%区、1.6%区、3.2%区

曝露期間：試験終了時まで

試験容器：ガラスシャーレ(90φ×20)

供試数：約10匹/1容器

換水：半止水（1日に1回試験水交換、孵化してからは毎日1/2交換）

水温：23±2℃

エアレーション：無し

明暗周期：16明期8暗期(7時点灯、23時消灯)

(結果概要)

魚類初期生活段階毒性試験においても副生塩でヒメダカの卵および孵化直後の仔魚に対する毒性に違いがみられた。孵化に係るLC50値（半数致死濃度）を図2-2-3に、生存日数に係るIC50値（半数阻害濃度）を図2-2-4に示す。

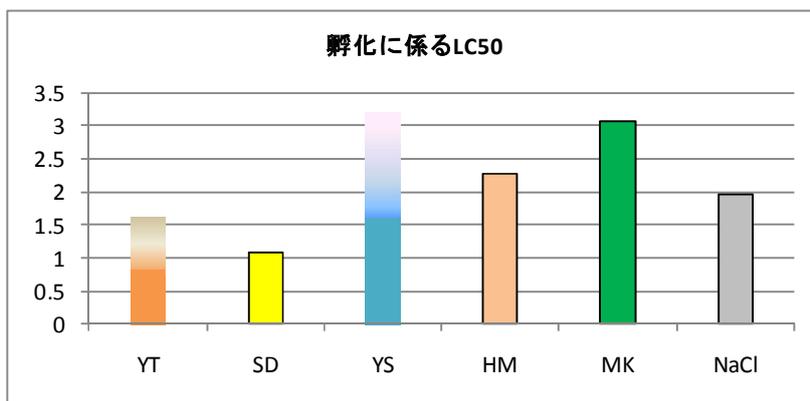


図2-2-3 孵化に係る LC50

孵化に係る影響—つまり卵に与える影響は、YTとYSのLC50値がそれぞれ0.8%~1.6%、1.6%~3.2%の範囲でしか表せないが、おおむねYT>SD>YS>HM>MKの順で毒性が強いと考えられる。

生存日数に係る影響—言い換えると孵化仔魚に与える影響は、YT>SD>TS>HM>MK の順で毒性が強いと考えられる。

このように魚類初期生活段階毒性試験においても副生成塩でヒメダカの卵および孵化直後の仔魚に対する毒性に違いがみられ、その毒性の強さは魚類の急性毒性試験の場合と同じく、おおむね YT>SD>YS>HM>MK の順で毒性が強いが、MK は NaCl より毒性が弱く、HM、YS は NaCl と同程度、SD、YT は NaCl より毒性が強いと考えられる。

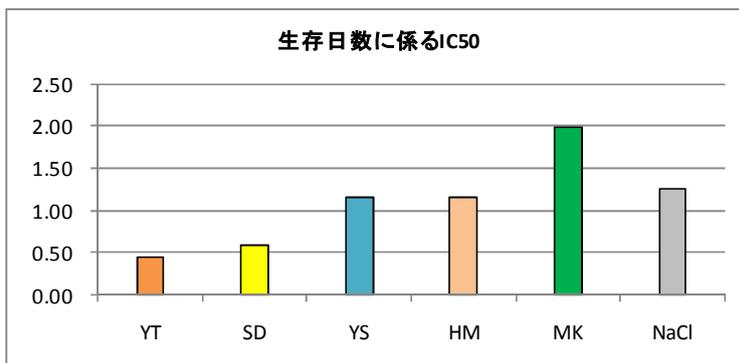


図 2-2-4 生存日数に係る IC50

3) 幼植物の発芽、生育に関する栽培試験

生成塩がコマツナの発芽並びに発芽後の生育へ与える影響の有無及びその程度を知るため、植物に対する害に関する栽培試験の方法 (59 農蚕第 1943 号通達)」に準拠して行った。

調査項目

- ①発芽調査：発芽率（播種 3 日後、5 日後及び 7 日後）
- ②生育調査：草丈（播種 2 週間後）
- ③終了調査：草丈、葉数、生体重、乾物量（播種 3 週間後）

試験条件

試験作物：コマツナ

播種数：試験容器あたり 25 粒を播種

試験容器：内径 11.3cm、高さ 6.5cm のノイバウエルポットを使用した。

供試土壌：壤土を 2mm のふるいを通した後、乾燥滅菌したものを使用し、試験容器あたりの充填量を 500ml とした。また、試験容器あたり N、P₂O₅、K₂O として、それぞれ 100mg となるように調整を行った。

試験水：副生成塩を溶解した水

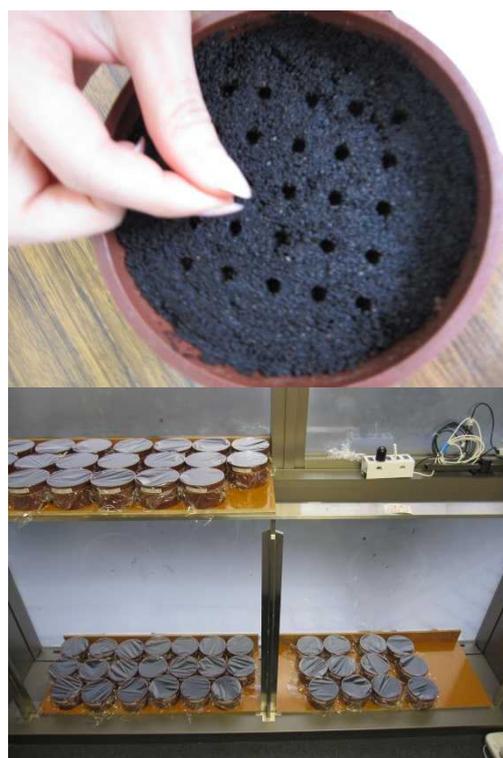


写真 2-2-3 植物試験状況

※ 対照区として蒸留水を使用した。

試験濃度：試験濃度における希釈倍率は、5濃度区とし、各々2ポットずつで試験を行った。各副生塩とも0.19%区、0.38%区、0.75%区、1.50%区、3.00%区
水分量：播種時の土壌水分量が50~60%程度となるよう毎日水分を調整を行った。なお、試験期間中の環境を確認するため、データロガーを用いて気温、湿度、光照射量を連続して測定した。

(結果概要)

幼植物の発芽、生育に関する栽培試験においては発芽に関する影響と生育に関する影響においてやや差異が見られた。発芽に関する影響を図2-2-5に、生育に関する影響を図2-2-6に示す。

発芽に関してはIC50値からYT≒HM>MK>SD>YSの順で影響が強かった。また、YTとHMは同程度の影響を、MK、SDおよびYSのグループもYT,YSよりは弱いと同程度の影響が見受けられた。試験終了時の生育調査ではおおむねHM>YT>SD>YS>MKの順で影響が強くなり、MKが植物の生育に与える影響は比較的毒性の強かったHM、YT、SDに比べ、半分以下であった。

また、植物の塩害に関して、生育が阻害され始める水飽和土壌のECは耐塩性の弱いものでは0.9~1.5mS/cmとしている。(佐賀県農林水産商工本部農業技術防除センター) 今回の試験では終了時の土壌ECは各副生塩とも1.5%濃度区でECが1.5mS/cm以上であった。従って、試験開始当初から高濃度区でECが高いため生長阻害が起こったものと考えられる。本試験のようにノイバイエルを使用した植害試験においては、排水口

の無い閉鎖系ポットを使用しているため、植物の生長によるECの低下はあるものの、灌水による低下は起きず、生長阻害の影響が持続していると考えられるが、一般の耕地の場合、降雨による溶脱等によりECの値は低くなり、阻害の影響も薄れていくと推察される。

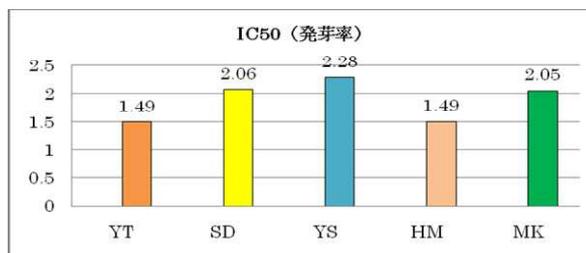


図2-2-5 発芽に関する半数阻害濃度

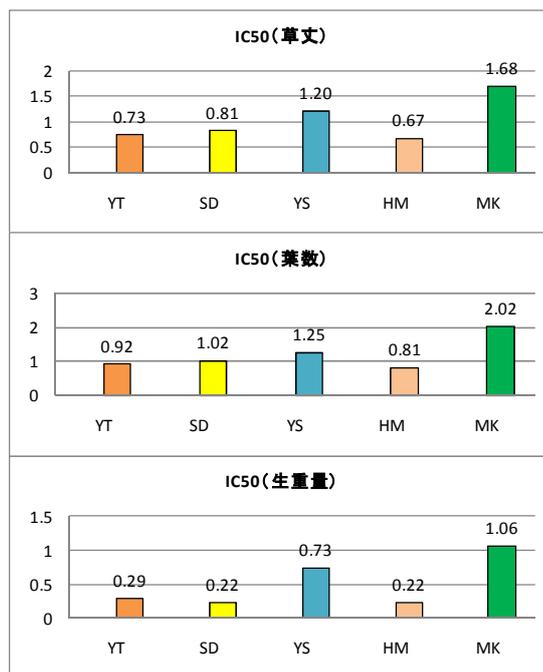


図2-2-6 生育に関する半数阻害濃度

4) 急性経口毒性試験

健康毒性試験として OECD のガイドライン TG420 (急性経口毒性試験) に準拠し、ラットを用いて行った。

調査項目

- ①死亡率：投与動物数を分母とし、観察期間中の死亡数を分子として算出。
- ②一般状態観察：期間－14 日間、頻度：投与日は投与 0・1,2,3,6 時間後、
- ③体重測定：投与日 (0 日)、投与 1,2,3,4,7,14 日後
- ④剖検：一般状態観察期間終了後、エーテル麻酔下により放血屠殺して剖検し、外観、頭蓋腔内、胸腔内、腹腔内およびリンパ節の諸臓器の肉眼的観察を行った。

試験条件

試験動物：ラット、雌雄各 5 匹程度

飼育環境：温度 23±3℃

飼育器材：ポリカーボネート製平底ケージ、パルプ床敷

収容尾数：5 匹/ケージ

飼育期間：14 日間

検疫馴化：入荷後 5 日間以上

飼料：固型飼料を自由摂取

飲水：水道水を 5µm カートリッジフィルターに通過させ、

さらに紫外線照射させたものを



写真 2-2-4 急性経口毒性試験状況

自動給水装置により自由に摂取投与用量：経口より 2,000 mg/kg 投与方法：強制経口投与
投与はラット用金属製胃ゾンデを装着した 2.5 mL シリンジを用いて、午前中に 1 回強制経口投与を行った。また、投与前日の午後 4 時 30 分より投与終了後 3 時間までは飼料を与えず、水のみ自由に摂取させた。なお、この方法は経口投与試験における汎用方法である。写真 2-2-4 に試験状況を示した。

(結果概要)

すべての副生塩において急性経口毒性は認められなかった。

5) 結果のまとめ

すべての副生塩において急性経口毒性は認められなかったが、魚類と陸上植物に対しては何らかの影響が見られ、その影響度合いは副生塩により異なっていた。今回の試験において、焼却施設湿式洗煙排水回収副生塩 MK は魚類、植物ともに与える影響は小さいが、最終処分場浸出水脱塩濃縮副生塩 YT と SD は他の副生塩より強い毒性を示した。焼却施設乾式ナトリウム回収副生塩 HM は魚類に対する影響は MK より大きい、YS と比べると同程度か小さかったのに対し、植物では明らかに YS に比べ毒性が高かった。

このように副生塩によって生物に与える影響の度合いは異なり、さらに動物に対しての毒

性度合いと植物への毒性の度合いが異なる場合があることが認められた。

3. 最終処分場における塩類溶出制御システム研究

最終処分場において無機塩類の溶出を埋立方法によって制御し、平準化または低減化する技術の検討を行う。埋立方法（技術）は、積み増し型埋立工法による塩類溶出の制御を検討する。つまり、浅層に埋立を行い、段階的に積み増しを行うことにより、直接放流しても環境影響のない塩類濃度制御を行うものである。

(1) 積み増し型埋立工法

本実験では、埋立方法に積み増し型埋立工法を採用した。この積み増し型埋立工法とは1層当たりの埋立層高を低くして段階的に積み増していく工法である。図3-1に概念図を示す。最終処分場は小規模のものを除いて区画分けされていることが多い。今回、仮想の最終処分場をA・B・C・Dの4区画に区画分けしたととする。

まず、A区画に廃棄物①を投入する。この時、残りのB・C・D区画は希釈領域となるため、廃棄物①の浸出水はB・C・D区画の降水分で希釈され、濃度は低減される。このあと従来の埋立方法であれば廃棄物①の上に廃棄物②を投入し、A区画の埋立を終了させた後、B区画の埋立に移るが、今回採用した積み増し型埋立工法では、B区画に廃棄物②を投入し埋立層高を低くする。希釈域はC・Dのみと狭くなるものの廃棄物への降雨量が増加し、廃棄物①と廃棄物②の洗い出しが同時に行われる。この時、廃棄物①は廃棄物②より濃度が低減される状態である。その後順次廃棄物③と④をそれぞれCとDに投入する。全ての埋立区画に廃棄物を投入すると、希釈領域は無くなり、最初に投入した廃棄物①の上に廃棄物⑤を積み増していく。この時、廃棄物①は洗浄が進み一定レベルまで濃度が低減しているため、廃棄物①の層をバッファー層として機能させ、濃度の低減化を行う。この作業を繰り返し、順次廃棄物を投入する。この埋立方法が積み増し型埋立工法である。

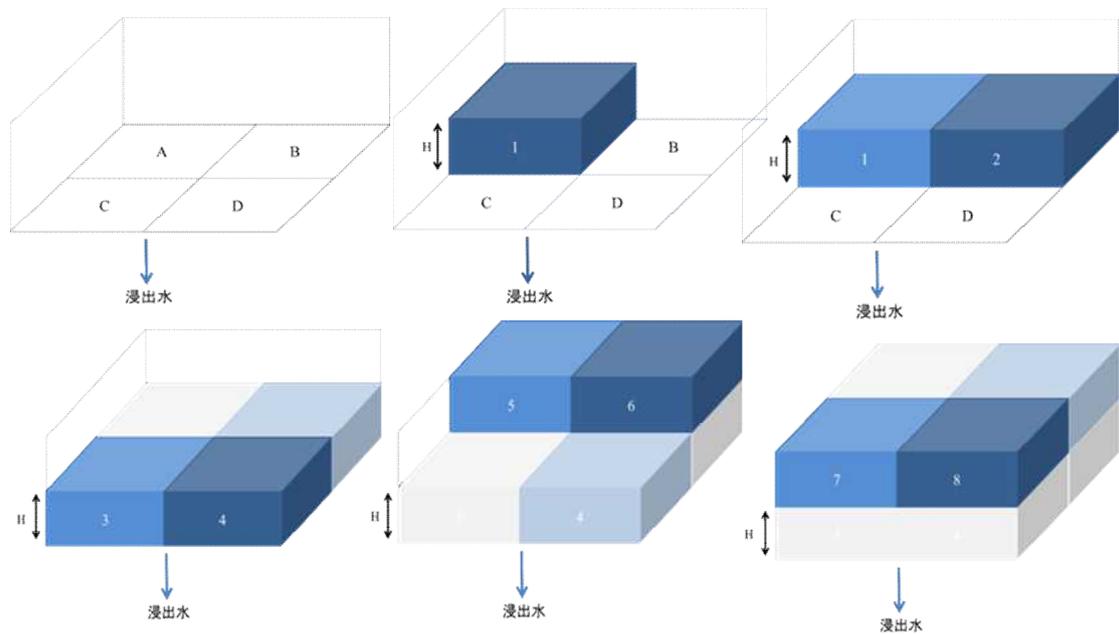


図 3-1 積み増し型埋立工法のイメージ

(2) 実験概要

本実験は、最終処分場を模擬した小型のライシメータを 3 本用いて行う。使用したライシメータはアクリル製（高さ 2m、φ20cm）で実験装置の概念図を図3-2にライシメータの写真写真3-1に図3-1示す。

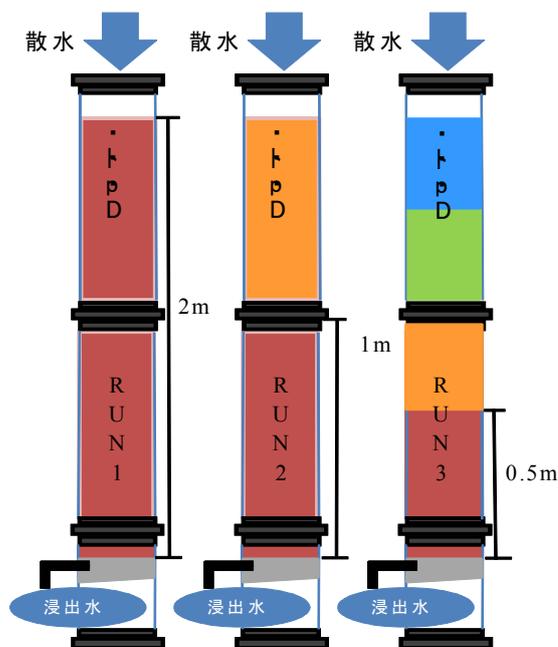


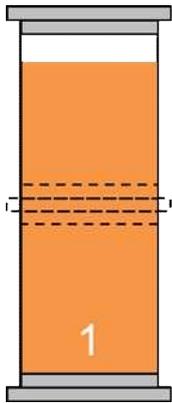
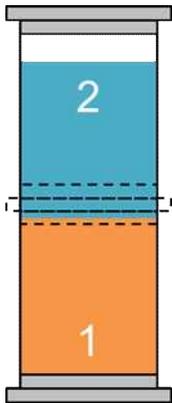
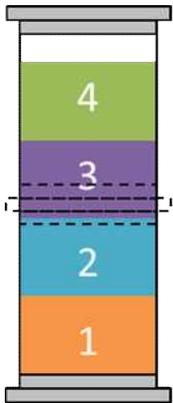
図3-1実験装置概念図



写真3-1図 実際に使用したライシメータ

充填の条件は表3-1に示す通り、今回、3条件設定している。RUN1は埋立層高が2.0mで1層構造、RUN2は埋立層高が1.0mで2層構造、RUN3は埋立層高が0.5mで4層構造、それぞれの埋立層高の違いによるCI濃度の変化を確認する。RUN2及びRUN3はCI濃度が一定値（1000mg/L以下）まで低減後にそれぞれ1.0m、0.5mごと積み増しを行い、CI濃度の埋立経時変化を観察する。なお、RUN3の積み増しを3回行った際にCI濃度が1000mg/L以下になった時点を実験終了とする。充填物はK市一般廃棄物焼却施設から排出された焼却主灰のみを使用した。今回、主灰のみを使用した理由として飛灰は粒子が非常に細かいために散水することにより内部で固化が発生し透水性が低下する恐れがあったこと、本実験を今後の実験のために基礎的なデータを集める必要があったためである。なお、散水量はK市の過去30年間の降水量から1週間当たりの降水量を算出し、毎週1回、1週間分の純水を散水している。散水の翌日に浸出水を採取し、JIS規格K0102に準拠してCI、COD、BOD、T-N、TOC、pH、EC、ORPの8項目の水質分析を行っている。

表3-1 ライシメータ充填条件³⁾

	RUN1	RUN2	RUN3
埋立構造			
	積み増し型埋立工法による準好気性埋立構造		
充填量	60.8kg	60.8kg	60.8kg
埋立層高	2m×1層	1m×2層	0.5m×4層
積増回数	0回	1回	3回
充填物	K市一般廃棄物焼却灰（焼却主灰のみ）		
散水量	純水 1050ml/週		
充填密度	1.015kg/m ³		

(3) 浸出水水質

1) pH

各ライシメータからの浸出水の pH の経日変化を図3-2に示す。

全体を通してわずかに pH の低下傾向が確認されるが、実験開始初期の段階から浸出水は pH=11~12 程度の強アルカリ性を示している。また、積み増しを行った後も大きな変化は見られない。この結果から全てのライシメータにおいて、微生物分解活性には適していない環境であることが確認された。従って、全てのライシメータの内部環境としては、微生物分解による汚濁物質の溶出効果よりも、洗い出しによる汚濁物質の溶出効果が高いものと考えられる。

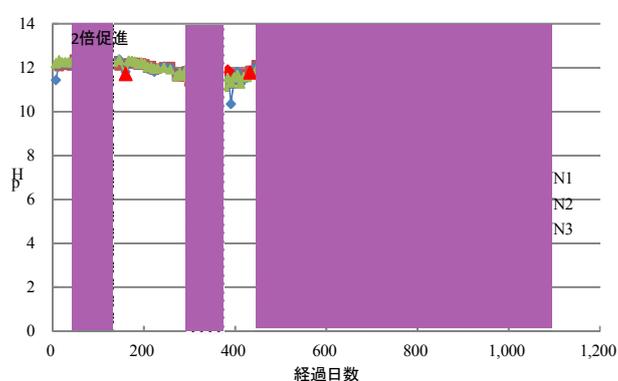


図3-2 pH の経日変化

2) Cl⁻ (塩化物イオン)

各ライシメータの浸出水中の Cl⁻濃度の経日変化を図3-3に示す。

実験開始初期の21日目では、RUN1はCl⁻濃度=15,539mg/L、RUN2はCl⁻濃度=13,117mg/L、RUN3はCl⁻濃度=9,381mg/LとRUN2はRUN1と比較し15.6%、RUN3はRUN1と比較し39.6%低い値を示していた。それ以降、Cl⁻濃度は減少傾向を示し、RUN3で1回目の積み増しを行った160日目には、RUN1では初期値の24.5%(3,807mg/L)、RUN2では初期値の16.0%(2,103mg/L)、RUN3では初期値の7.7%(722mg/L)まで減少していた。その結果、埋立層高の高低により、初期Cl⁻濃度を低減する事が確認でき、埋立高を1/2とすることにより初期濃度を15.6%削減でき、埋立高を1/4とすることにより初期濃度を39.6%削減できることが確認できた。

RUN2及びRUN3は積み増し埋立工法を導入しており、RUN2は384日目、RUN3は1回目を160日目、2回目を433日目、3回目を685日目にそれぞれ1mと0.5mずつ積み増しを行った。RUN2の1回目の積み増し後は、426日目に積み増し後の最大値Cl⁻濃度=4,830mg/Lまで濃度上昇が続き、461日目から減少傾向を示している。RUN3では、1回目の積み増し後は188日目まで濃度が上昇し、202日目に積み増し後の最大値であるCl⁻濃度=4,990mg/Lを示したのち減少している。2回目の積み増し後は489日目の最大値Cl⁻濃度=4,304mg/Lま

で濃度が上昇し、減少している。3回目の積み増し後は799日目の最大値 CI濃度=3,261mg/Lまで濃度が上昇し、徐々に減少している。RUN3に関しては3回の積み増しを行い、回数に応じて、CI濃度の最大値を下がる事が確認できた。

このような結果から、積み増し埋立工法の導入によって、溶出濃度の低減化が可能である事が確認された。積み増し後は、RUN2とRUN1を比較し最大値を68.9%低減でき、RUN3とRUN2を比較し最大値を61.9%の低減が可能である事が確認された。また、各ライシメータの初期濃度と比較すると、RUN2は積み増し後の最大値は初期濃度から63.1%、RUN3は1回目の積み増し後の最大値は初期濃度から46.8%、2回目の積み増し後の最大値は初期濃度から54.1%、3回目の積み増し後の最大値は初期濃度から65.2%低減された。

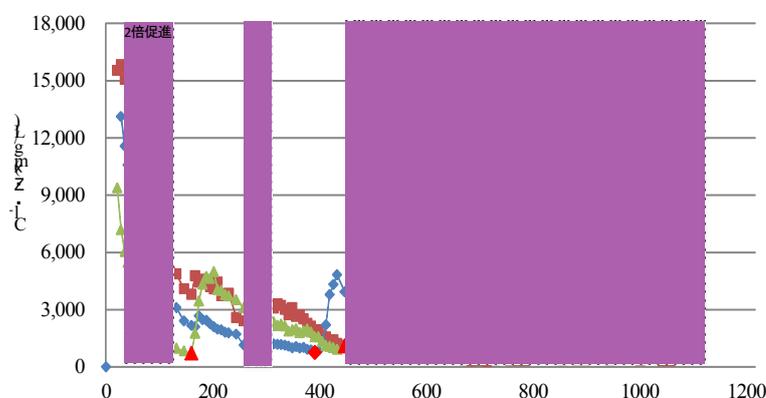


図3-3CI濃度の経日変化

3) COD (化学的酸素要求量)

各ライシメータからの浸出水のCOD濃度の経日変化を図3-4に示す。

実験開始初期の14日目では、RUN1はCOD濃度=1,211.7mg/L、RUN2はCOD濃度=944.7mg/L、RUN3はCOD濃度=846.2mg/LとRUN2はRUN1と比較し22.0%、RUN3はRUN1と比較し30.2%低い値を示していた。それ以降、COD濃度は減少傾向を示し、RUN3で1回目の積み増しを行った160日目には、RUN1では初期値の31.8% (385.9mg/L)、RUN2では初期値の23.7% (223.5mg/L)、RUN3では初期値の12.3% (104.5mg/L)まで減少した。

その結果、積み増し埋立工法を導入する事により、初期COD濃度を低減する事が確認でき、積増回数つまり埋立高を1/2とすることにより初期濃度を22.0%削減でき、埋立高を1/4とすることにより初期濃度を30.2%削減できる事が確認できた。

CODについてもCIと同様にRUN2、RUN3において積み増しを行うことで最大濃度の低減化が可能である事が確認された。RUN2の1回目の積み増し後は、433日目に積み増し後の最大値COD濃度=365.8mg/Lまで濃度が上昇し減少傾向を示している。RUN3の1回目の積み増し後は195日目の積み増し後最大値COD濃度=358.5mg/Lまで濃度が上昇したのち減少している。2回目の積み増し後は、489日目の最大値COD濃度=183.3mg/Lまで濃度が上昇した後、減少している。3回目の積み増し後は、813日目の最大値COD濃度=126.1mg/L

まで濃度が上昇した後、減少している。COD についても促進終了によるリバウンドの影響が確認される。

この結果から、積み増し埋立工法の導入によって、溶出濃度の低減化が可能であることが確認された。積み増し後は、RUN2 と RUN1 を比較し最大値を 69.8%低減でき、RUN3 と RUN2 を比較し最大値を 62.1%の低減が可能であることが確認された。また、各ライシメータの初期濃度と比較すると、RUN2 は積み増し後の最大値は初期濃度から 61.3%、RUN3 は 1 回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 57.6%、2 回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 78.3%、3 回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 85.1%低減された。

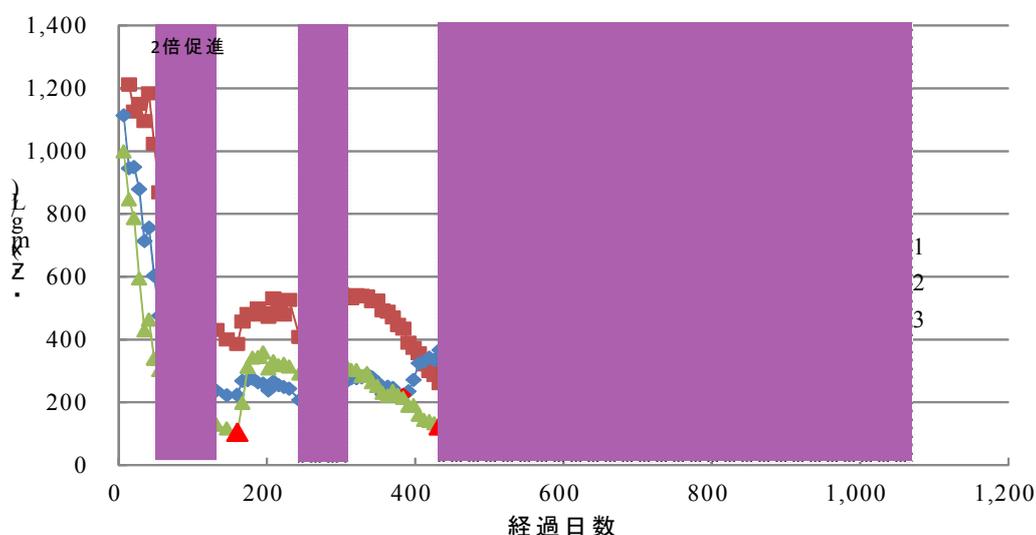


図 3-4 COD 濃度の経日変化

4) BOD (生物化学的酸素要求量)

各ライシメータからの浸出水の BOD 濃度経日変化を図3-5に示す。

実験開始初期の 28 日目には、RUN1 は BOD 濃度=1358.5mg/L、RUN2 は BOD 濃度=1072.4mg/L、RUN3 は BOD 濃度=709.5mg/L と RUN2 は RUN1 と比較し 21.1%、RUN3 は RUN1 と比較し 47.8%低い値を示していた。それ以降、BOD 濃度は減少傾向を示し、RUN3 で1回目の積み増しを行った 160 日目には、RUN1 では初期値の 34.0%(462.6mg/L)、RUN2 では初期値の 26.7% (286.2mg/L)、RUN3 では初期値の 14.4% (101.8mg/L) まで減少した。その結果、積増埋立工法を導入する事により、初期 BOD 濃度を低減する事が確認でき、積増回数つまり埋立高を 1/2 とすることにより初期濃度 21.1%削減、埋立高を 1/4 とすることにより初期濃度 47.8%削減することが確認できた。

BOD についても CIと同様に RUN2、RUN3 において積み増しを行うことで最大濃度の低減化が可能であることが確認された。RUN2 の 1 回目の積み増し後は、412 日目に積み増し後の最大値 BOD 濃度=481.3mg/L まで濃度上昇し減少傾向を示している。RUN3 の 1 回目の

積み増し後は 181 日目まで濃度上昇がみられ、216 日目に積み増し後の最大値 BOD 濃度=357.8mg/L を示した後、減少している。2 回目の積み増し後は、461 日目の最大値 BOD 濃度=140.2mg/L まで濃度が上昇した後、減少している。3 回目の積み増し後は、785 日目の最大値 BOD 濃度=86.9mg/L まで濃度が上昇した後、減少している。この結果から、積み増し埋立工法の導入によって、溶出濃度の低減化が可能であることが確認された。積み増し後は、RUN2 と RUN1 を比較し最大値を 64.6%低減でき、RUN3 と RUN2 を比較し最大値を 66.6%の低減が可能であることが確認された。また、各ライシメータの初期濃度と比較すると、RUN2 は積み増し後の最大値は初期濃度から 55.1%、RUN3 は 1 回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 49.6%、2 回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 80.2%、3 回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 87.7%低減された。

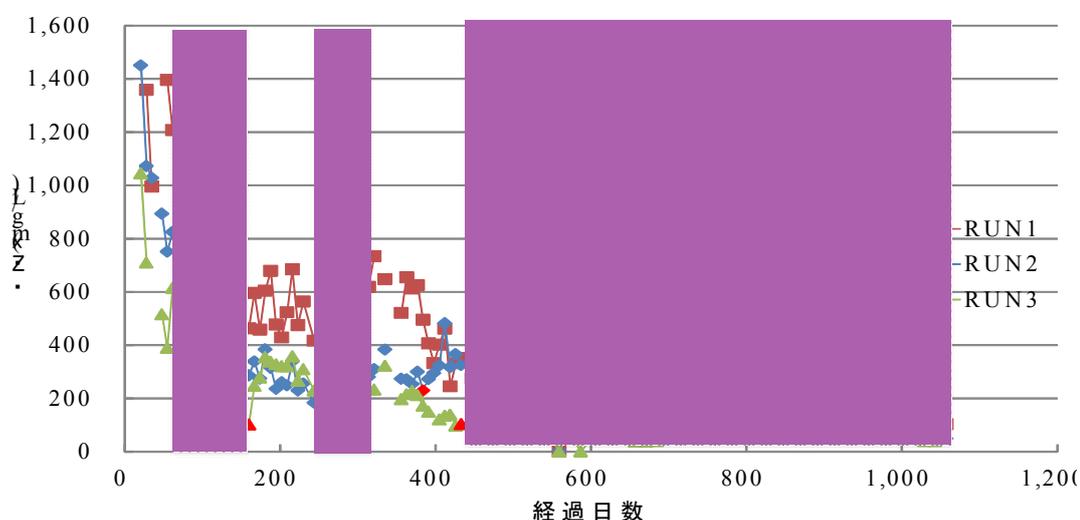


図 3-5 BOD 濃度の経日変化

5) TOC (有機炭素)

各ライシメータからの浸出水の TOC 濃度経日変化を図3-6に示す。

実験開始初期の 21 日目には、RUN1 は TOC 濃度=1628.0mg/L、RUN2 は TOC 濃度=1256.0mg/L、RUN3 は TOC 濃度=907.7mg/L と RUN2 は RUN1 と比較し 22.9%、RUN3 は RUN1 と比較し 44.2%低い値を示していた。それ以降、TOC 濃度は減少傾向を示し、RUN3 で 1 回目の積み増しを行った 160 日目には、RUN1 では初期値の 32.7% (532.7mg/L)、RUN2 では初期値の 19.9% (250.1mg/L)、RUN3 では初期値の 10.8% (98.0mg/L) まで減少した。

その結果、積増埋立工法を導入する事により、初期 TOC 濃度を低減する事が確認でき、積増回数つまり埋立高を 1/2 とすることにより初期濃度 22.9%削減、埋立高を 1/4 とすることにより初期濃度 44.2%削減することが確認できた。

TOC についても CIと同様に RUN2、RUN3 において積み増しを行うことで最大濃度の低減化が可能であることが確認された。RUN2 の 1 回目の積み増し後は、412 日目に積み増し後の最大値 TOC 濃度=374.0mg/L まで濃度が上昇し減少傾向を示している。RUN3 の 1 回目

の積み増し後は181日目に積み増し後の最大値 TOC 濃度=357.8mg/L を示した後、減少している。2回目の積み増し後は、461日目に最大値 TOC 濃度=169.7mg/L まで濃度が上昇した後、減少している。3回目の積み増し後は、841日目に最大値 TOC 濃度=94.8mg/L まで濃度が上昇した後、減少しているこの結果から、積み増し埋立工法の導入によって、溶出濃度の低減化が可能であることが確認された。積み増し後は、RUN2 と RUN1 を比較し最大値を77.0%低減でき、RUN3 と RUN2 を比較し最大値を67.1%の低減が可能であることが確認された。また、各ライシメータの初期濃度と比較すると、RUN2 は積み増し後の最大値は初期濃度から70.2%、RUN3 は1回目の積み増し後の最大値は初期濃度から54.5%、2回目の積み増し後の最大値は初期濃度から81.3%、3回目の積み増し後の最大値は初期濃度から89.6%低減された。

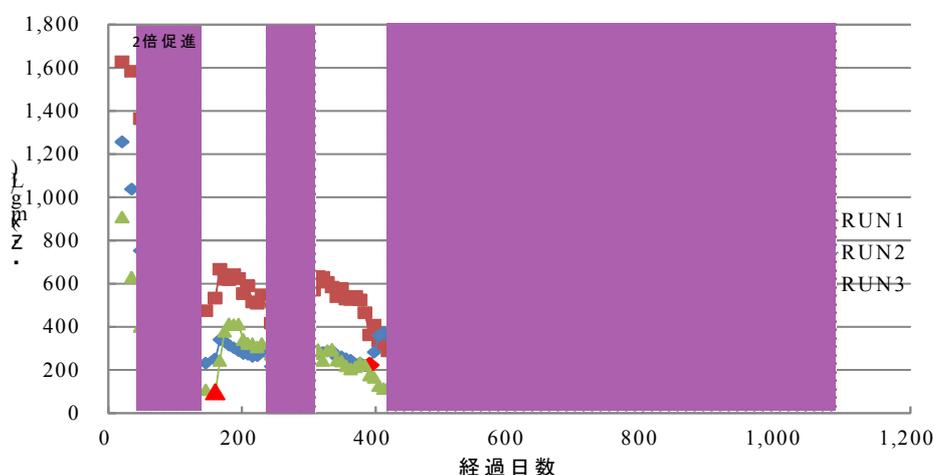


図3-6 TOC 濃度の経日変化

6) T-N (全窒素)

各ライシメータからの浸出水の T-N 濃度経日変化を図3-7に示す。

その結果、実験開始初期の14日目には、RUN1 は T-N 濃度=161.4mg/L、RUN2 は T-N 濃度=96.8mg/L、RUN3 は T-N 濃度=93.1mg/L と RUN1 は RUN2、RUN3 と比較し約70%高い値を示していた。RUN2 及び RUN3 は同程度の値を示していた。14日目以降、T-N 濃度は減少傾向を示し、RUN3 で1回目の積み増しを行った160日目には、RUN1 では初期値の31.7% (51.2mg/L)、RUN2 では初期値の25.0% (24.2mg/L)、RUN3 では初期値の11.5% (10.7mg/L) まで減少した。埋立高を1/2とすることにより初期濃度40.0%削減、埋立高を1/4とすることにより初期濃度42.3%削減することが確認できた。

RUN2 の1回目の積み増し後は、419日目に積み増し後の最大値 T-N 濃度=73.1mg/L まで濃度上昇し、その後減少傾向を示している。RUN3 の1回目の積み増し後は216日目に積み増し後の最大値 T-N 濃度=61.2mg/L を示したのち上昇と低下を繰り返しながら徐々に低下している。2回目の積み増し後は、461日目に最大値 T-N 濃度=27.3mg/L まで濃度が上昇した

後、減少している。3回目の積み増し後は、濃度上昇と濃度減少を繰り返しながら、最終的に減少している。

この結果から、積み増し埋立工法の導入によって、溶出濃度の低減化が可能であることが確認された。積み増し後は、RUN2 と RUN1 を比較し最大値を 54.7%低減でき、RUN3 と RUN2 を比較し最大値を 33.3%の低減が可能であることが確認された。また、各ライシメータの初期濃度と比較すると、RUN2 は積み増し後の最大値は初期濃度から 24.4%、RUN3 は1回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 34.3%、2回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 70.6%低減された。3回目の積み増し後の最大値は初期濃度から 36.1%となり、濃度上昇と濃度減少を繰り返しているため、高い低減率とはならなかった。

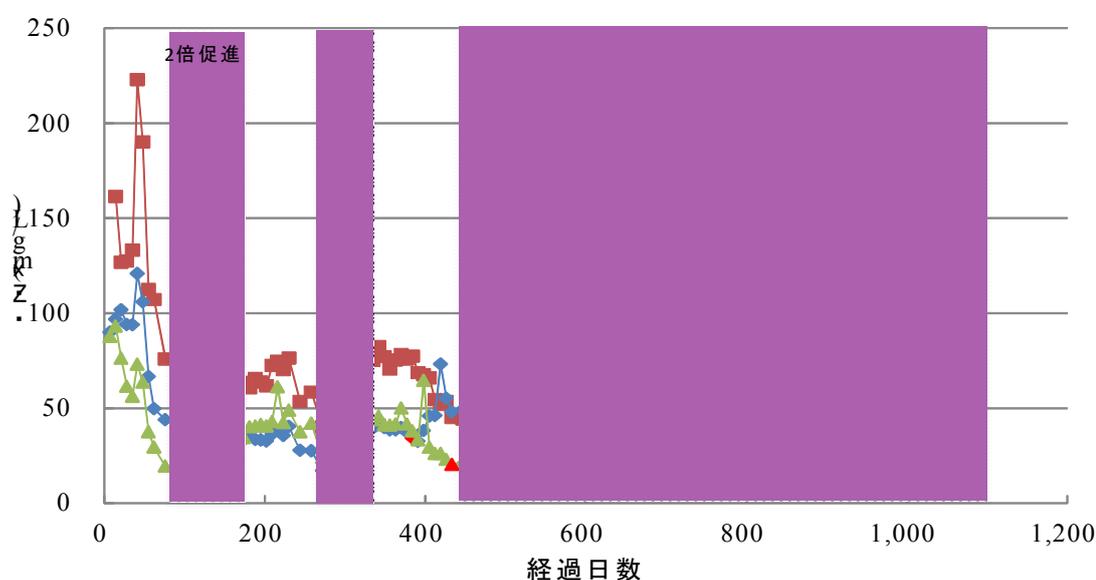


図 3-7 T-N の経日変化

1) 埋立層高と初期溶出濃度

埋立層高と初期溶出濃度の関係を表3-2にまとめた。

表3-2 埋立層高と初期溶出濃度の関係

	RUN1 2m×1層		RUN2 1m×2層		RUN3 0.5m×4層	
	値	低減率	値	低減率	値	低減率
Cl-	15,539 mg/L		13,117 mg/L	15.6%	9,381 mg/L	39.6%
COD	1211.7 mg/L		944.7 mg/L	22.0%	846.2 mg/L	30.2%
BOD	1358.5 mg/L		1072.4 mg/L	21.1%	709.5 mg/L	47.8%
TOC	1628.0 mg/L		1256.0 mg/L	22.9%	907.7 mg/L	44.2%
T-N	161.4 mg/L		96.8 mg/L	40.0%	93.1 mg/L	42.3%

埋立層高と初期溶出濃度の関係については、過去に樋口や李ら⁵⁾、⁶⁾によって明らかにさ

れている。本実験においても、埋立層高の高い RUN1 で高く、RUN3 で低いという結果を確認した。T-N を除く各水質分析項目の初期溶出濃度を比較すると、埋立層高を 1/2 (RUN1 比) にすることで 15~20%、1/4 (RUN1 比) にすることで 30~48%の低減が可能であることが確認された。

2) 積み増しと溶出濃度

積み増し埋立工法の導入によって初期溶出濃度以上の溶出はされないことが樋口の研究⁵⁾によって確認されている。本研究では RUN2、RUN3 において積み増し埋立工法を導入した。その効果を検証する。

積み増しとその後の CI-最大溶出濃度の関係性を表3-3にまとめた。この結果、本実験においても積み増し後は溶出濃度が低減され、初期溶出濃度を超過することはないことが確認された。

表3-3 積み増しと CI-最大溶出濃度³⁾

	既充填量：積増充填量	RUN2		RUN3	
		値	低減率	値	低減率
初期値		13,117 mg/L		9,381 mg/L	
1 回目	1 : 1	4,830 mg/L	63.2%	4,990 mg/L	46.8%
2 回目	2 : 1			4,304 mg/L	54.1%
3 回目	3 : 1			3,261 mg/L	65.2%

これまでライシメータから溶出した CI-溶出量を確認するため浸出水中の CI-濃度から累積 CI-浸出水量を算出した結果を図3-8に示す。RUN3 で1回目の積み増しを行った160日目時点では各ライシメータの累加溶出量は RUN1=152.282g、RUN2=98.125g、RUN3=51.667g と RUN1 に比べ、RUN2、RUN3 は差が生じていた。RUN2 で積み増しを行った384日目時点での各ライシメータの累加溶出量は RUN1=237.111g、RUN2=137.635g、RUN3=133.006g と RUN2、RUN3 の溶出量の差が縮まることが確認された。RUN3 で2回目の積み増しを行った433日目時点では各ライシメータの累加溶出量は RUN1=246.537g、RUN2=155.553g、RUN3=140.514g と RUN2、RUN3 の溶出量の差が RUN2 の積み増しを行った際に比べ、少し生じた。RUN3 で3回目の積み増しを行った685日目時点では各ライシメータの累加溶出量は RUN1=266.615、RUN2=249.970g、RUN3=213.570g と RUN1、RUN2 の溶出量の差が縮まることが確認された。実験終了時点では RUN1=285.385g、RUN2=299.317g、RUN3=320.751g となり、RUN2、RUN3 は、RUN1 に比べ、溶出量が上回った。これは、CI濃度が1000mg/L 以下になるまでに RUN1 に比べ、RUN2、RUN3 は、長い時間を要したことが原因であるため、埋立層高が低い場合、溶出量が高くなると考えられる。また RUN3 に関しては、焼却残渣性状確認実験での CI の含有量 326g であるため、ほぼ溶出したと言える。

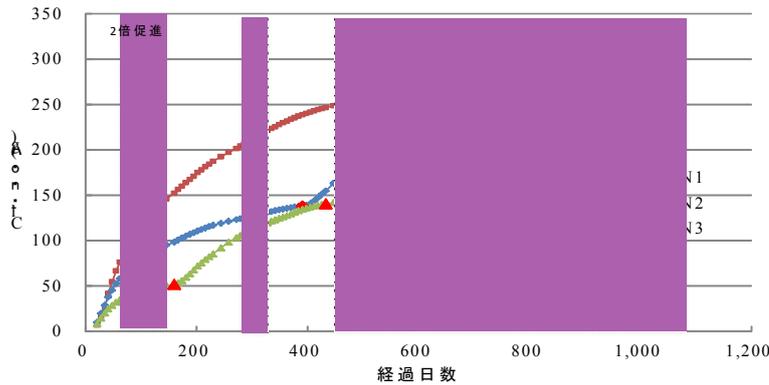


図 3-8 Cl-の累加溶出量の経日変化

(5) まとめ

本実験では、最終処分場を模擬したライシメータを用いて、無機塩類の溶出制御システム研究を行った。積み増し型埋立工法を導入し、浸出水中への無機塩類の溶出濃度の制御を検討した。浸出水の水質分析結果では、積み増し型埋立工法の導入により、初期溶出濃度制御及び溶出濃度低減化が可能であることが確認された。既存研究より、初期溶出濃度は埋立層高と相関性が高く、本実験においては各種水質分析項目において埋立層高を 1/2 にすることにより、溶出濃度を 15~20%、1/4 にすることで 30~48%低減することが可能であると確認された。また、積み増しの際に下層が緩衝材のような役割を果たし、初期溶出濃度を超過することなく低濃度で溶出させることが可能であることも確認された。

また RUN3 に関しては、積み増しにより水処理の負担を小さくすることが可能であるが、その分維持管理が長くなり、今後積み増しを行う場合と行わない場合での経済性を確認する必要がある。

4. 結論

一般廃棄物からの副生塩の排出量は年間 14.4 万トンであり、焼却により塩化水素ガスとして大気中に放出される量は 0.8 万トン、湿式洗煙排水として下水道に放流される量は 2.5 万トン。残り 10.9 万トンが埋立処分あるいは保管されている。

副生塩を無隔膜電解法によりエコ次亜生成を生成させると、塩水濃度 3%、Ca 濃度を数十 mg/kg に設定すると、エコ次亜濃度 0.25~0.54% が得られ、かつ連続運転が可能であることが確認された。エコ次亜を下水道終末処理施設で利用することを想定したフィジビリティスタディーを行った結果、人口 10 万人以上の都市では廃棄物処理処分側、下水道終末処理施設側双方に経済的メリットをもたらすことが分かった。またエコ次亜を用いた滅菌実験では市販次亜と同等の効果があることが確認され、質的にも実用可能であることを検証した。副生塩を凍結防止剤として利用する場合の生物毒性調査ではマウスを用いた急性経口毒性試験、魚類急性毒性試験、魚類初期生活急性毒性試験および幼植物の発芽、生育に関する栽

培試験を行った。すべての副生塩において急性経口毒性は認められなかったが、魚類と陸上植物に対して一部の副生塩では何らかの影響が見られ、その影響度合いは副生塩の種類により異なっていた。副生塩を含む焼却残渣を埋立処分する場合、積み増し埋立工法により、浸出水中の塩化物イオン濃度をコントロールできることが分かった。

高塩類を含む焼却残渣を埋立処分する場合、積み増し埋立工法により浸出水濃度の低減化を行うことが可能であること埋立地を模擬したライシメータを用いて検証した。

研究成果の実用化により副生塩の最終処分による塩害や外部委託搬出による経費負担を解消し、経済的で効率的な廃棄物管理が可能となる。今後の課題として隔膜法のスケール対策を解決することにより、さらに経済性を高めることが可能である。

5. 参考文献

- 1) (財) 日本環境衛生センター、「廃棄物処理のここが知りたい」、pp8,(2006)
- 2) (財) 日本環境衛生センター、「廃棄物処理のここが知りたい」、pp13,(2006)
- 3) (公) 日本下水道協会、下水道統計 (平成21年版) CD-R 版
- 4) 塩類再利用システム研究会、廃棄物処理に伴う副生塩リサイクル平成18年度研究報告書 pp2-1-4(2006)
- 5) 樋口壯太郎:早期安定型埋立処分システムの開発研究, 福岡大学工学集報 85号, pp49-56, (2010)
- 6) 李 南勲 他:埋立廃棄物層における水分及び保存性物質の挙動に関する研究, 廃棄物学会論文誌 Vol.4, No.4, pp123-132, 1993
- 7) 矢羽田聡彦:修士論文,副生塩排出量実態調査と塩類溶出制御システム研究, pp62-64

6. 研究発表

論文発表

なし

学会等発表

樋口壯太郎; 焼却残渣が埋立処分に及ぼす影響、都市清掃, 社団法人 全国都市清掃会議 第63巻, 第297号, p13-16, 2010.9

矢羽田聡彦他; 副生塩排出量実態調査に関する研究、第22回廃棄物資源循環学会研究発表会, p81-82, 2011.11

牛越健一他; 廃棄物処理プロセスより発生する副生塩を用いたエコ次亜塩素酸ソーダ生成に関する研究、第22回廃棄物資源循環学会研究発表会, p215-216, 2011.11

樋口壯太郎他; 副生塩を凍結防止剤として用いる場合の生物毒性試験について、第22回廃棄物資源循環学会研究発表会, p231-232, 2011.11

矢羽田聡彦他；最終処分場における塩類抑制制御システム研究（その2）、第33回全国都市清掃研究・事例発表会，p238-240，2012.1

牛越健一他；廃棄物処理プロセスより発生する副生塩を用いたエコ次亜塩素酸ソーダ生成に関する研究Ⅱ、第23回廃棄物資源循環学会研究発表会，p259-260，2012.10

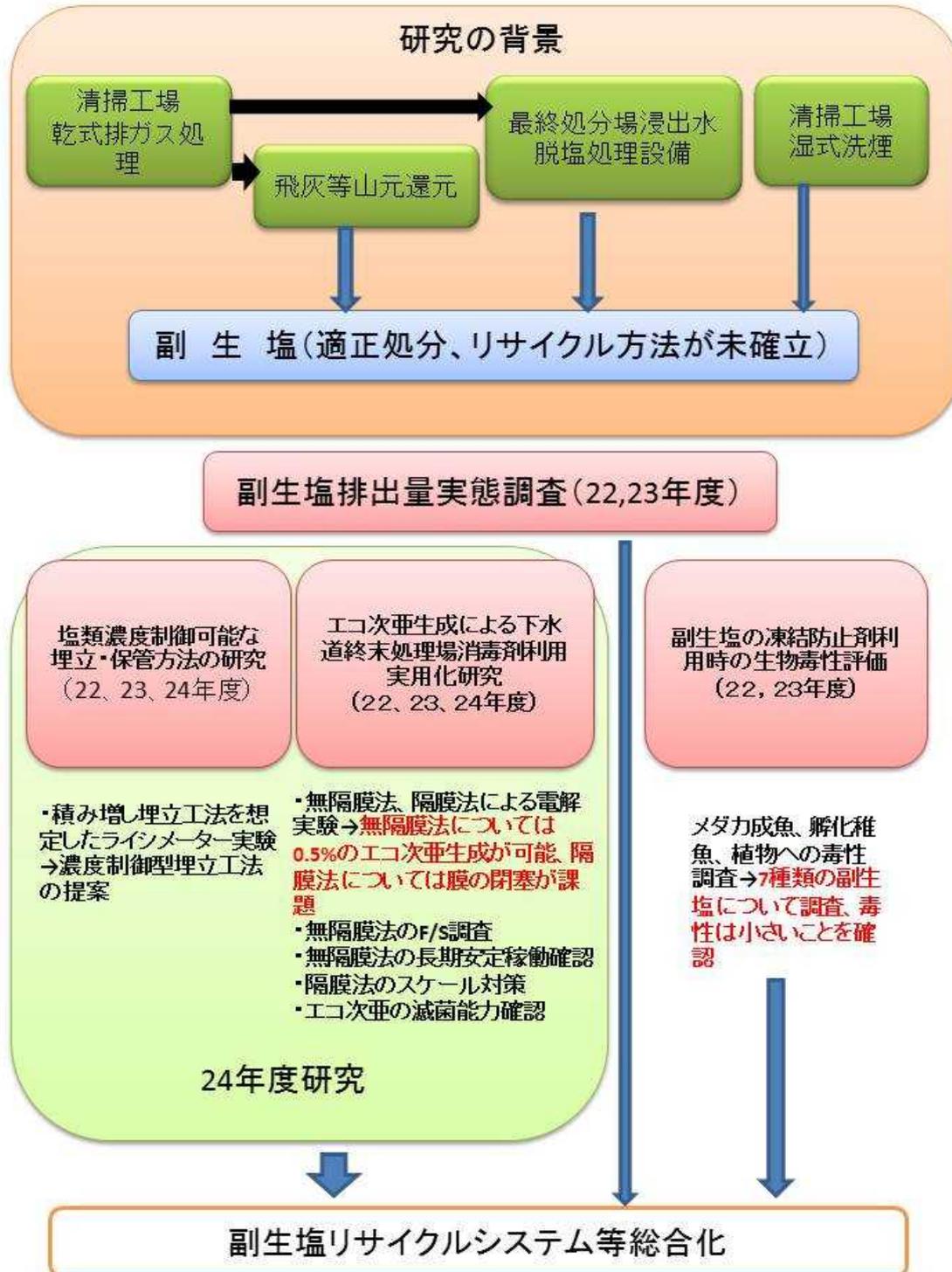
平角貴明他；最終処分場における塩類溶出制御システムに関する研究(その3)、第23回廃棄物資源循環学会研究発表会，p475-476，2012.10

平角貴明他；廃棄物処理プロセスより発生する副生塩を用いたエコ次亜塩素酸ソーダ生成に関する研究Ⅲ、第34回全国都市清掃研究・事例発表会，p102-104，2013.2

7. 知的財産権の所得状況

該当なし

研究概要図



英文概要

Title of the Research: Study on recycling of salt the by-product according to waste management

Name of the Principal Investigator/Organization: Sotaro HIGUCHI, Fukuoka University

Name of the Collaborator/Organization: Toshihiro TAKESHITA, Fukuoka University

Summary: The amount of generation of by-product salt of municipal solid waste would be approximately 14.4 ten thousand ton in chlorine conversion. These were disposed and affect a variety of problems to environment. In this research, sodium hypochlorite was generated as recycling use of these by-product salts and research uses it as sterilizing agent was performed. Because by-product salt includes potassium and generated sterilizing agent includes potassium hypochlorite, the sterilizing agent generated from by-product salt is called as “Eco sodium hypochlorite”.

(1) Production of Eco sodium hypochlorite using methods of non-membrane and ion-exchange membrane electrolyzing.

It was confirmed that methods of non-membrane electrolyzing method. is possible to operate for long-term and to generate Eco sodium hypochlorite of 0.2-0.5%, and availability was confirmed after experiment of long-term operation was performed. As for methods of ion-exchange membrane electrolyzing, Eco sodium hypochlorite of 3-5% was generated after pretreatment coagulating sedimentation and increase of current was performed but long-term operation was impossible due to scale barrier.

(2) Sterilization effect of Eco sodium hypochlorite

Confirming experiment of sterilization effect of Eco sodium hypochlorite and commercial sodium hypochlorite was performed using a colon bacillus and normal bacterium. As a result, sterilization effect was equal and it was found out that these are possible to use as a sterilizing agent.

(3) F/S (Feasibility study)

Eco sodium hypochlorite was generated with methods of non-diaphragm and feasibility study which supposes that a sterilizing agent is used at treatment facilities was performed. As a result, ecumenical merit was found in both waste treatment facilities and sewage treatment .

Key Words: recycle, by-product salt, sodium hypochlorite, eco sodium hypochlorite