

課題番号 3K133007

研究実施期間 平成25年度～平成27年度

補助金総額 53,386千円

# 焼却排ガス処理薬剤や飛灰処理キレート が埋立管理に与える影響と対策研究

福岡大学大学院

樋口壯太郎（代表）

武下 俊宏

# 研究の目的

- 日本の廃棄物管理は資源化、焼却等中間処理ののち残渣を埋立処分することを基本
- 可燃ごみの焼却率はほぼ100%、最近の埋立ごみの80%は焼却残渣
- 埋立技術の基本はバイオリアクター機能を有する「準好気性埋立」が基本
- 焼却施設の排ガス処理や焼却残渣の無害化処理による影響が顕在化



排ガス処理薬剤  
(石灰)による高  
アルカリ化

排ガス処理高度化によ  
る高塩類化

キレート剤からのCOD,  
チオ尿素様物質の溶出

カルシウム汚泥の大量発生

埋立層のバイオリアクター機  
能阻害

浸出水処理の硝化阻害やCOD  
問題



これらの埋立管理への影響確認と対策研究

最終処分から見た適正な廃棄物管理の提案

# 研究概要(27年度最終年度)

実態調査

焼却施設・最終処分場へのアンケート

現地調査・浸出水分析

キレート組成分析(ジチオカルバミン酸・ピペラジン系・無機リン系・その他)

低濃度キレート剤の定量方法

飛灰中のチオ尿素様物質、残存キレート分析

長期溶出挙動

ライシメーター実験

硝化阻害実験

チオ尿素様物質・残存キレート分解実験

チオ尿素様物質、COD、重金属類の長期溶出実験

・チオ尿素様物質の分解技術  
・残存キレート、COD分解技術  
・適正な埋立管理技術提案

フィジビリティスタディー

ケーススタディー

排ガス処理薬剤(石灰系、重曹、)

キレート剤(有機系・無機系)

コスト

Ca汚泥

浸出水処理

副生塩対策

LCC評価

準好気性埋立の今後の在り方

焼却排ガス処理薬剤や飛灰処理キレートが埋立管理に与える影響と対策研究



福岡大学

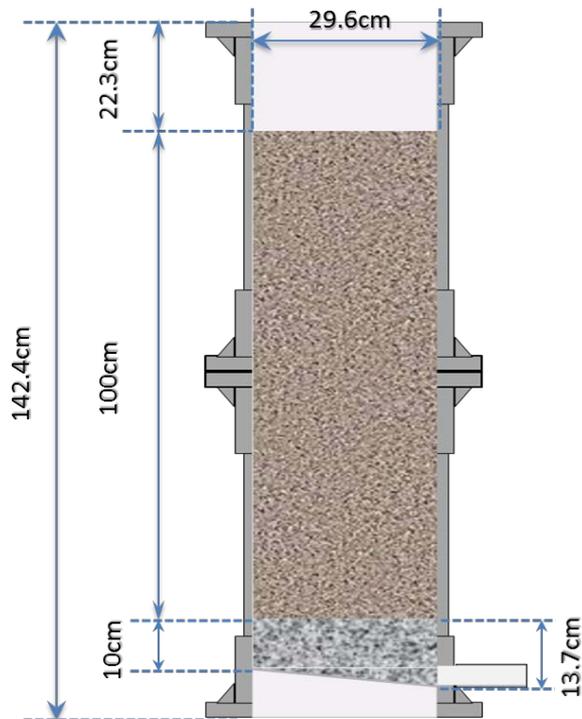


## 実験に用いた焼却残渣

	処理能力	排ガス処理方式	排ガス処理薬剤	HCL排出値(ヒヤリング実績)	HCL排出値(設計地)
北九州市 皇后崎工場	810t/日 (270×3炉)	半乾式	高反応型 石灰	30ppm	1000⇒49ppm
福岡市西 部工場	750t/日 (250×3炉)	湿式	苛性ソー ダ	2ppm以 下	1000⇒30ppm
和歌山市	400t/日 (200×2炉)	乾式	重曹	50ppm	1,000⇒300ppm
中巨摩地 区広域事 務組合清 掃センター	270t/日 (90×3炉)	乾式	水酸化ドロ マイト	50ppm	1,000⇒200ppm

# 実験の方法とライシメーター

準好気性



嫌気性

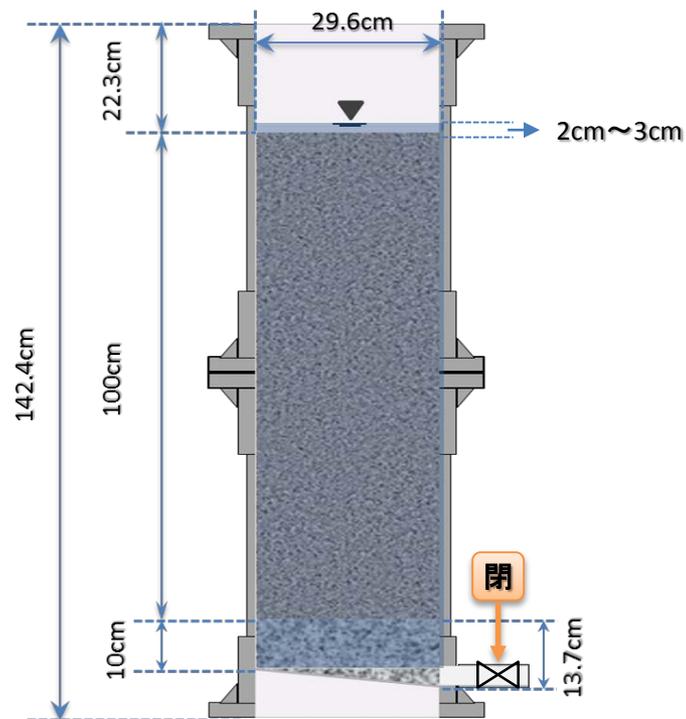


表1 30cmライシメーター

ライシメーター内径			29.6cm			
予定充填高			100cm			
分類	比重		充填高cm	容積L	質量kg	
飛灰	3.00	0.65	30.2	20.76	13.5	
主灰	7.00	1.15	39.8	27.38	31.5	
混合灰(上記計)		0.93	70	48.14	45.0	
混合灰	7	0.93	70	48.14	45.0	
砕石(混錬用)	3	1.60	30	20.63	33.0	
充填物(上記計)		1.13	100	68.77	78.0	
砕石(敷石用)		1.60	10	8.15	13.0	
合計			110	76.92	91.0	

■ 充填密度は0.845t/m<sup>3</sup>

# ライシメータの構成

ライシメータ番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5	RUN 6	RUN 7	RUN 8	RUN 9	RUN 10	RUN 11	RUN 16	RUN 17
排ガス処理方式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	湿式	湿式	湿式	湿式	乾式	湿式
排ガス処理薬剤	石灰	石灰	石灰	石灰	石灰	石灰	石灰	苛性ソーダ	苛性ソーダ	苛性ソーダ	苛性ソーダ	石灰	苛性ソーダ
飛灰処理キレート(%)	5	5	10	10	5	5	10	5	5	5	5	0	0
キレート等	カルバミン	ピペラジン	リン	酸化マグネシウム	カルバミン	ピペラジン	リン	カルバミン	ピペラジン	リン	酸化マグネシウム	無添加	無添加
埋立構造	準好気	準好気	準好気	準好気	嫌気	嫌気	嫌気	準好気	準好気	準好気	準好気	準好気	準好気
ライシメータ番号	RUN 12	RUN 13	RUN 14	RUN 15	RUN 18	RUN 19	RUN 20	RUN 21	RUN 22	RUN 23			
排ガス処理方式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式	乾式			
排ガス処理薬剤	重曹	重曹	重曹	重曹	重曹	ドロマイト	ドロマイト	ドロマイト	ドロマイト	ドロマイト			
飛灰処理キレート(%)	5	7	5	7	0	5	11	5	11	0			
キレート等	ピペラジン	リン	ピペラジン	リン	無添加	ピペラジン	リン	ピペラジン	リン	無添加			
埋立構造	準好気	準好気	嫌気	嫌気	準好気	準好気	準好気	嫌気	嫌気	準好気			

27年度新設



## 飛灰・主灰の組成

分析項目	単位	定量下限値	分析結果							
			北九州市飛灰	北九州市主灰	福岡市飛灰	福岡市主灰	和歌山市飛灰	和歌山市主灰	山梨飛灰	山梨主灰
有機物量(COD <sub>Mn</sub> )	mg/kg	50	3,150	4,000	1,080	3,320	2,500	2,800	2,810	1,860
有機物量(COD <sub>Cr</sub> )	mg/kg	50	29,500	22,800	35,600	25,300	35,700	4,800	35,200	5,890
全窒素(T-N)	mg/kg	1	67	580	84	290	220	210	60	140
全リン(T-P)	mg/kg	1	5,700	2,140	4,070	3,050	4,400	4,300	2,170	4,460
ナトリウム(Na)	mg/kg	1	28,600	12,800	92,000	8,320	108,000	9,140	38,100	1,760
カリウム(K)	mg/kg	0.1	41,800	7,120	117,000	5,920	35,100	7,750	37,100	6,140
マグネシウム(Mg)	mg/kg	10	5,460	10,100	6,930	10,490	12,400	12,400	37,500	13,700
カルシウム(Ca)	mg/kg	0.1	276,000	162,000	104,000	174,000	161,000	88,100	193,000	165,000
マンガン(Mn)	mg/kg	1	270	2,470	300	750	740	1,170	210	480
銅(Cu)	mg/kg	1	490	1,890	1,400	3,260	530	1,200	560	3,340
亜鉛(Zn)	mg/kg	1	12,500	3,680	32,200	2,750	9,930	3,080	9,760	3,630
鉛(Pb)	mg/kg	0.1	2,100	1,420	5,600	1,140	1,510	930	1,170	260
水銀(Hg)	mg/kg	0.01	14	0.06	0.76	0.01	19	<0.01	5.8	0.06
アルミニウム(Al)	mg/kg	1	21,100	65,400	25,900	69,700	43,400	63,700	28,000	79,500
鉄(Fe)	mg/kg	1	5,300	51,200	6,890	30,200	14,000	46,800	5,060	31,200
塩素イオン(Cl)	mg/kg	10	201,000	9,320	265,000	14,800	156,000	6,080	192,000	8,510
硫黄(S)	mg/kg	10	25,400	4,840	46,500	2,280	22,800	2,880	15,100	1,220
水素イオン濃度(pH)	—	—	12.2(16℃)	12.5(20℃)	6.7(18℃)	12.5(21℃)	12.3(20℃)	11.2(25℃)	10.5(26℃)	12.1(26℃)
含水率	%	0.1	0.5	20.1	1.2	23.3	1.1	18.6	14	20.1

# 実験の結果－キレート剤の組成

キレート分析結果

項目	単位	ピペラジン	カルバミン	リン	酸化Mg
COD <sub>Cr</sub>	mg/kg	321,000	399,000	6900	5,070
COD <sub>Mn</sub>	mg/kg	195,000	314,000	4080	120
硫黄(S)	mg/kg	100,000	115,000	<300	11300
T-N	mg/kg	35,200	40,300	80	<20
T-P	mg/kg	<10	<10	228,000	270
Cl <sup>-</sup>	mg/kg	89,431	110,169	<40	<25
PH	-	13.7	>14	<1	10.6
比重	-	1.235	1.2	1.58	0.68
チオ尿素	mg/kg	1,500	2,000		



- 有機系キレート剤には30%~39%のCOD<sub>Cr</sub>が含まれる。
- 有機系キレート剤にはS、N、CLを高濃度に含有している。
- 有機系キレート剤にはチオ尿素様物質が含まれている。（組成からC、N、S結合によりチオ尿素様物質を含んでいる。）



有機系キレート剤は硝化阻害物質である

# COD<sub>Cr</sub>含有量

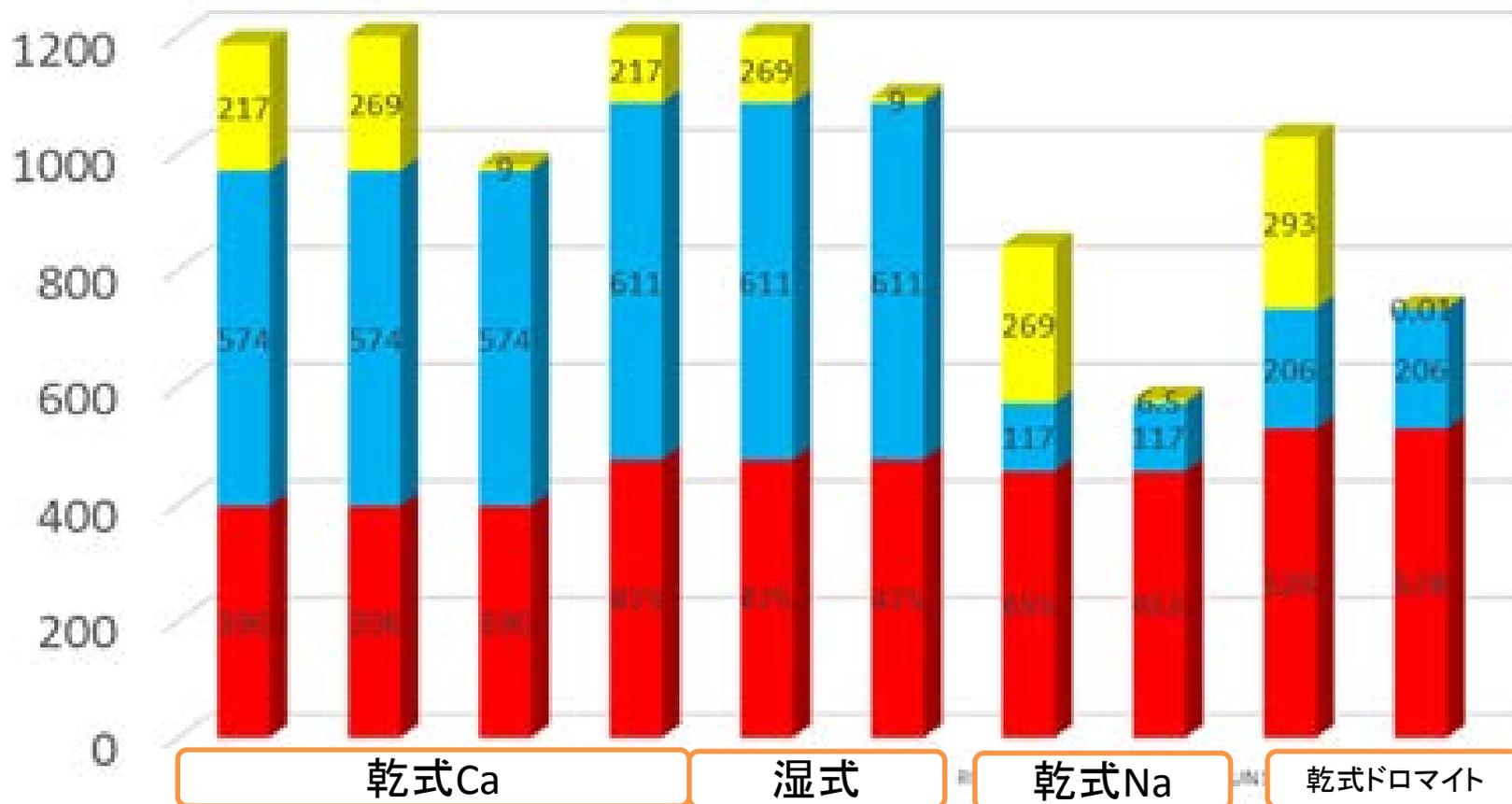
キレート剤

主灰

飛灰

キレート由来のCOD<sub>Cr</sub>:16~31%

単位:g



# T-N含有量

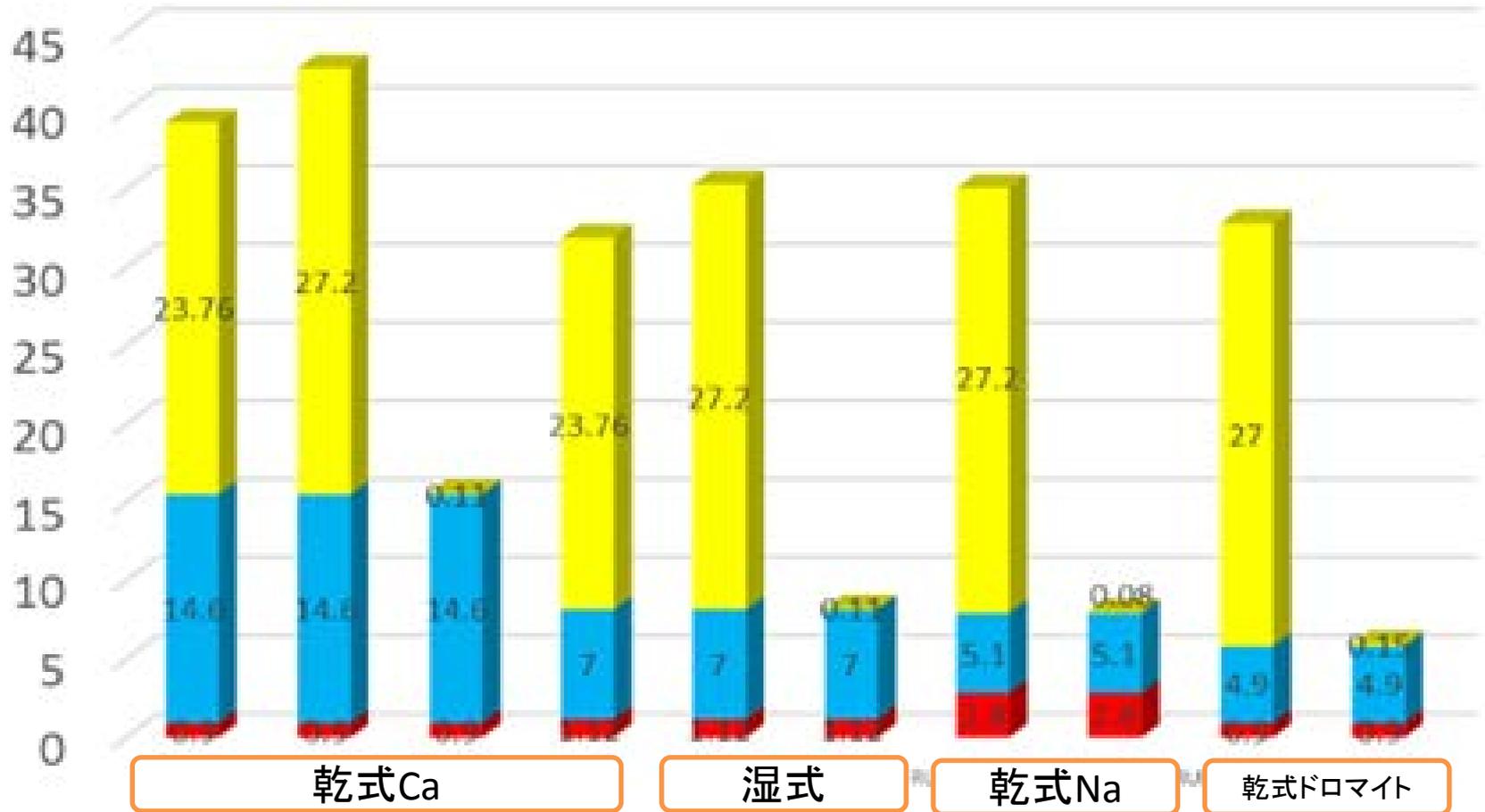
キレート剤

主灰

飛灰

単位:g

キレート由来のT-N:60.5~82%



# Cl含有量

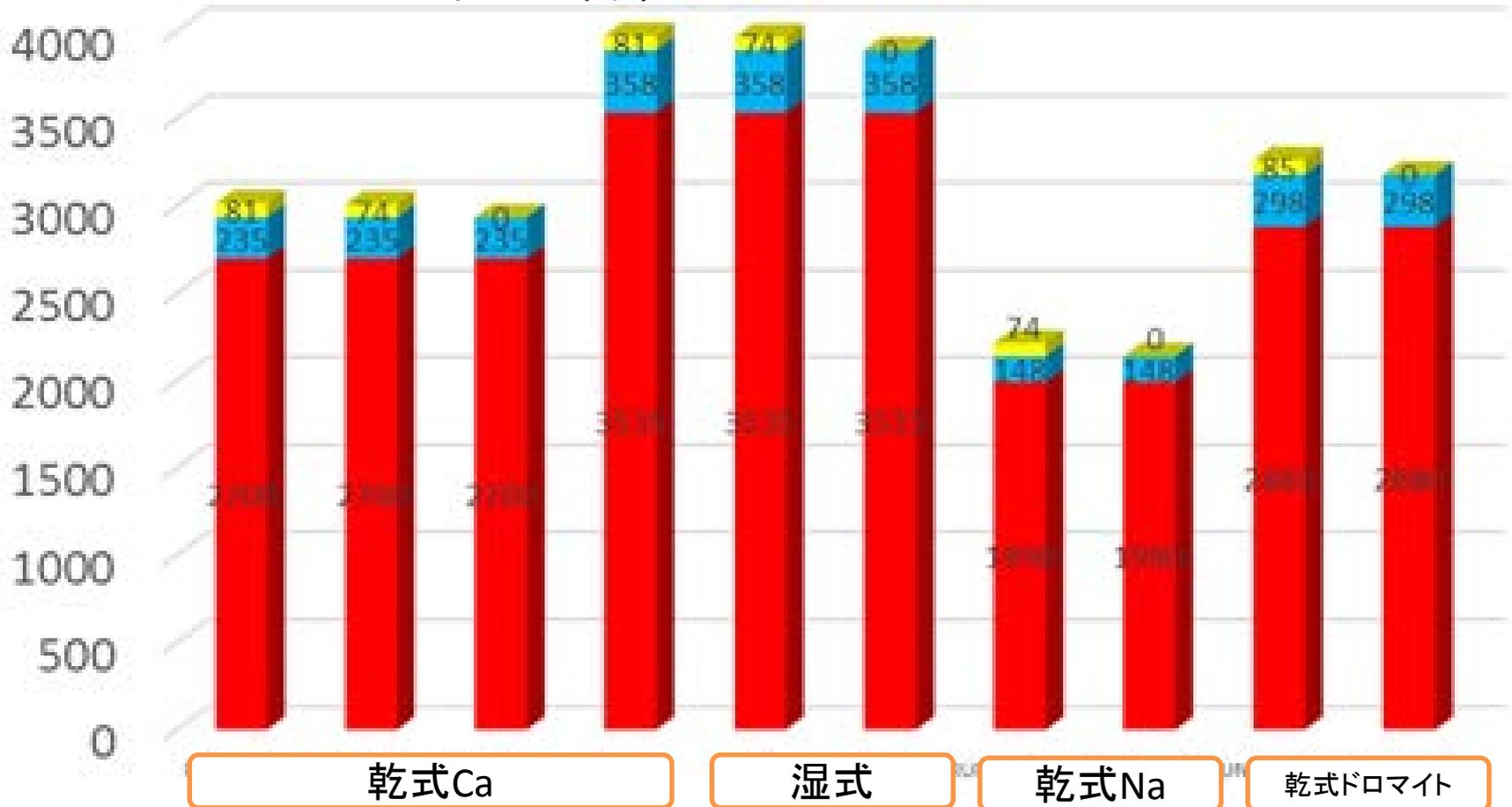
キレート剤

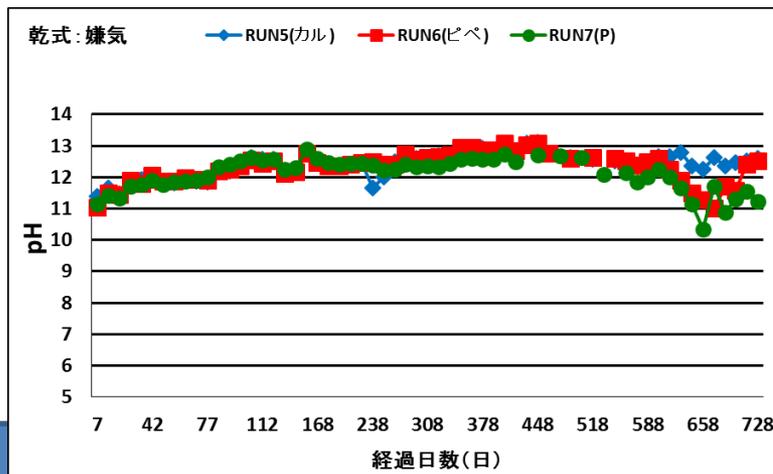
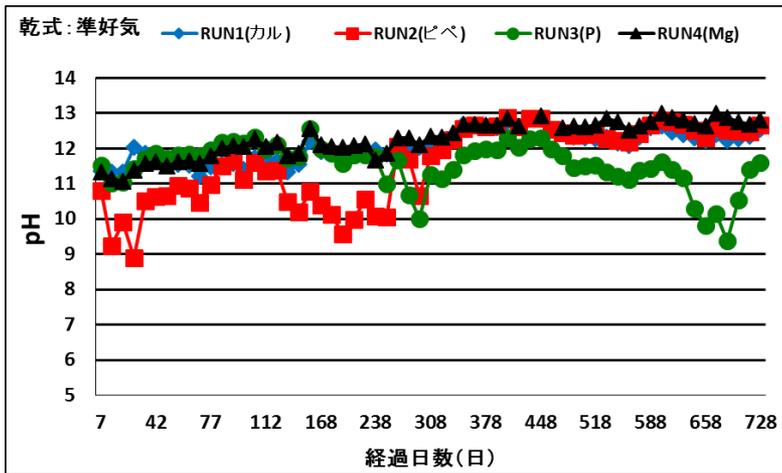
主灰

飛灰

単位:g

キレート由来のCl:1.9~7.8%

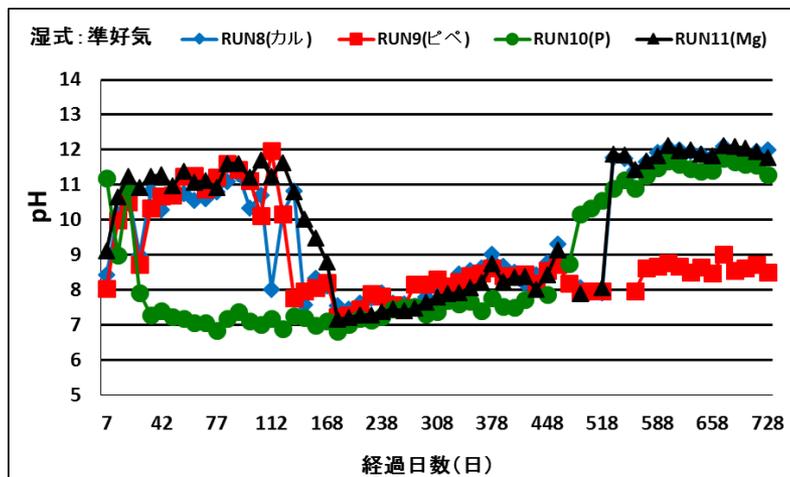




乾式Ca

準好気

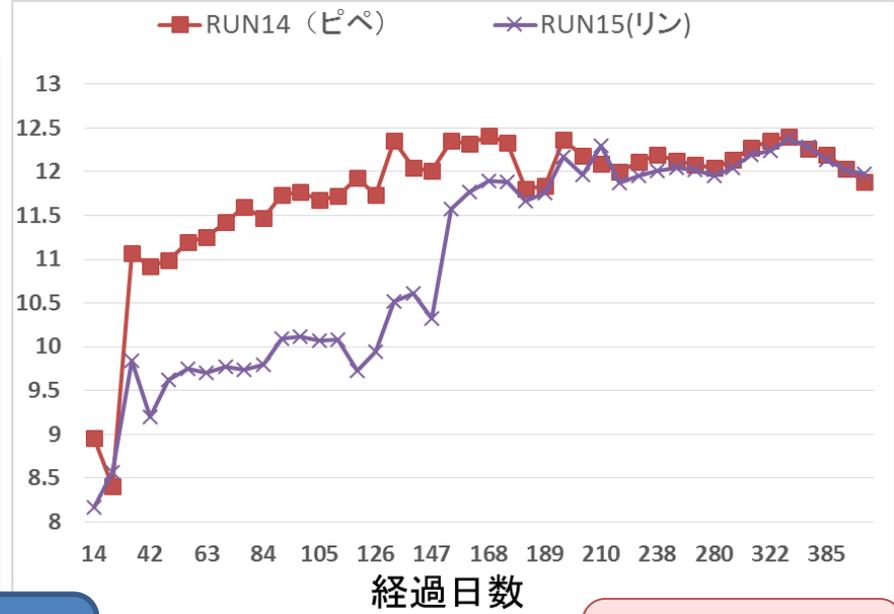
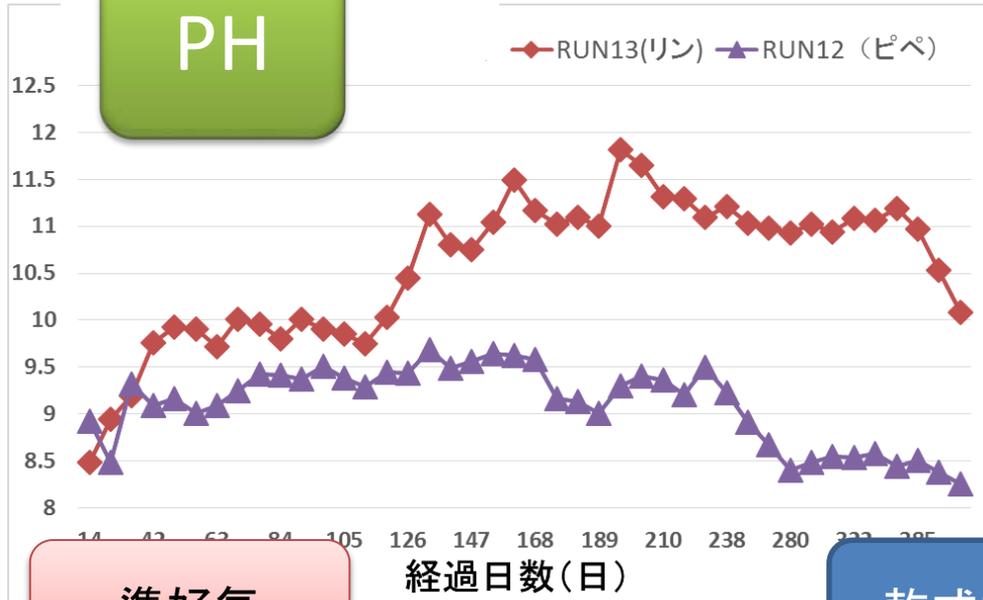
嫌気



PH

湿式

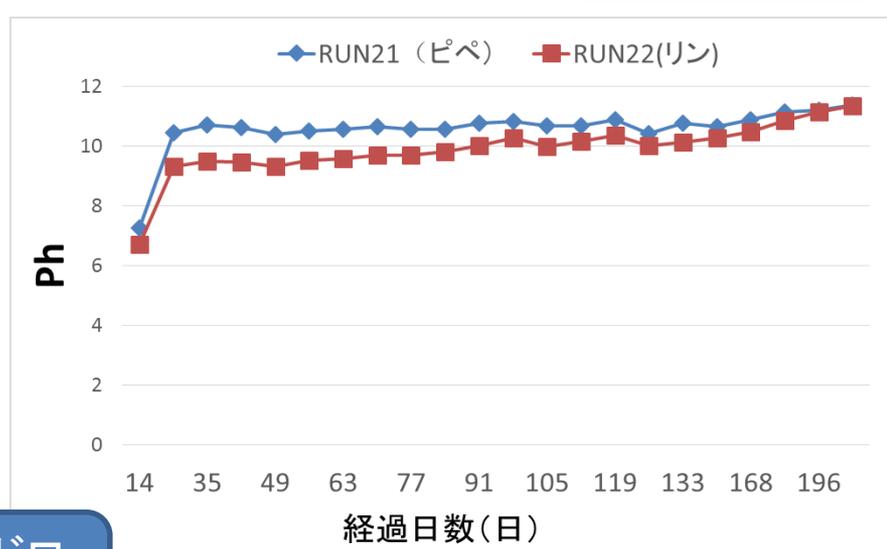
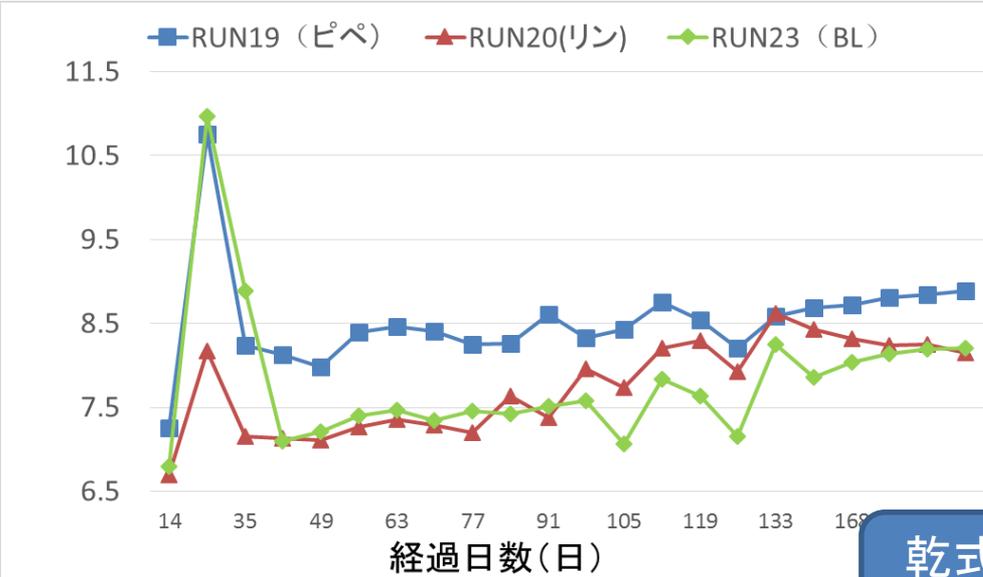
# PH



準好気

乾式Na

嫌気

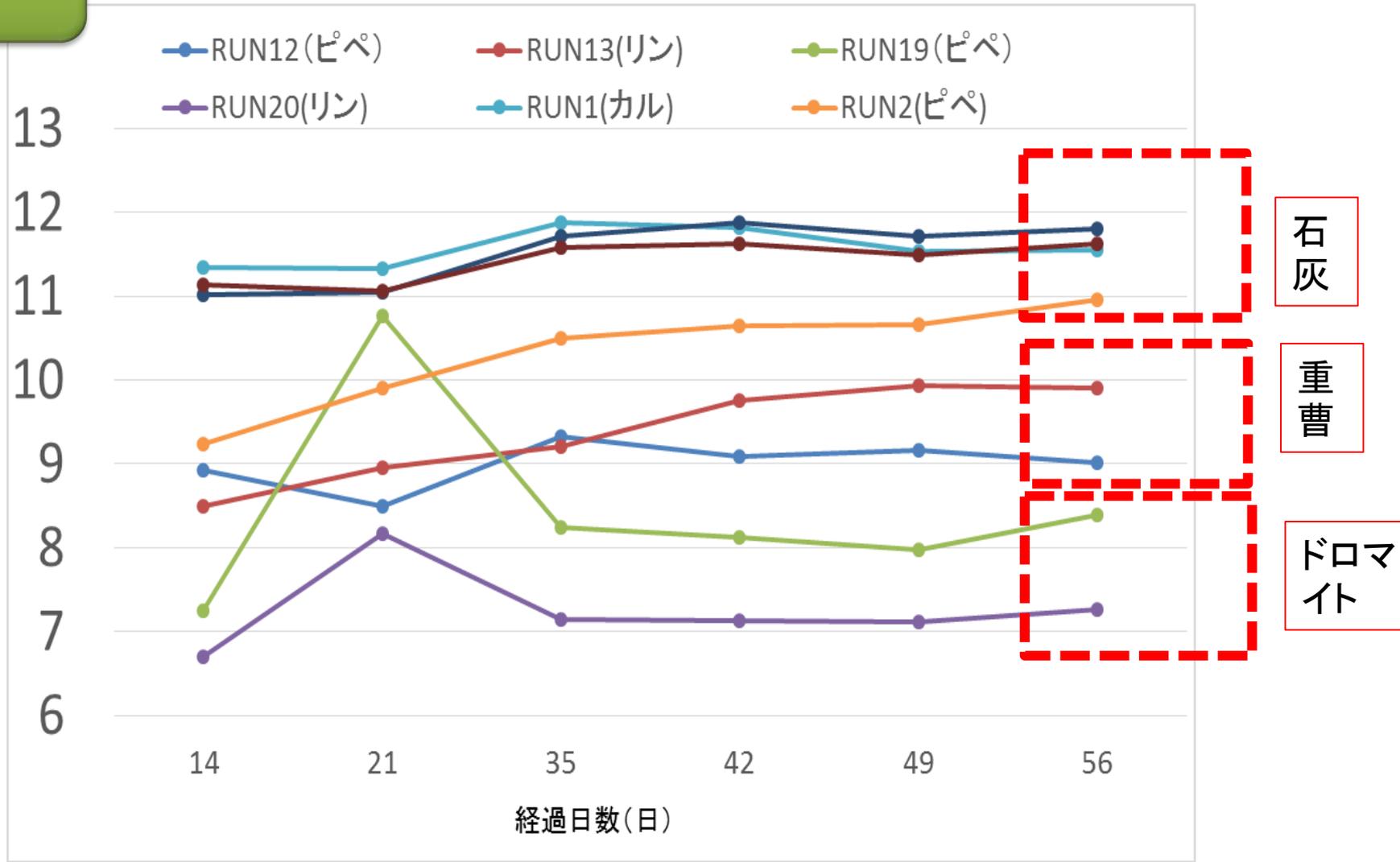


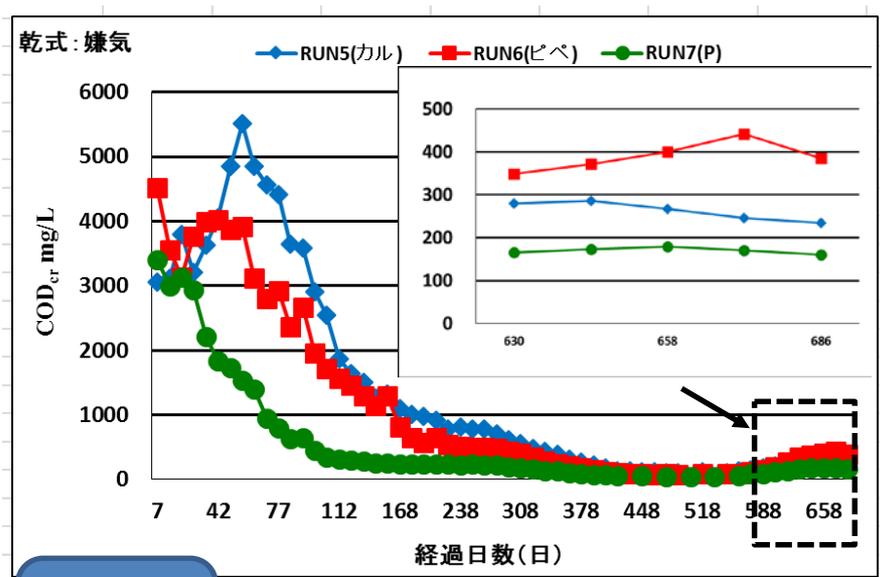
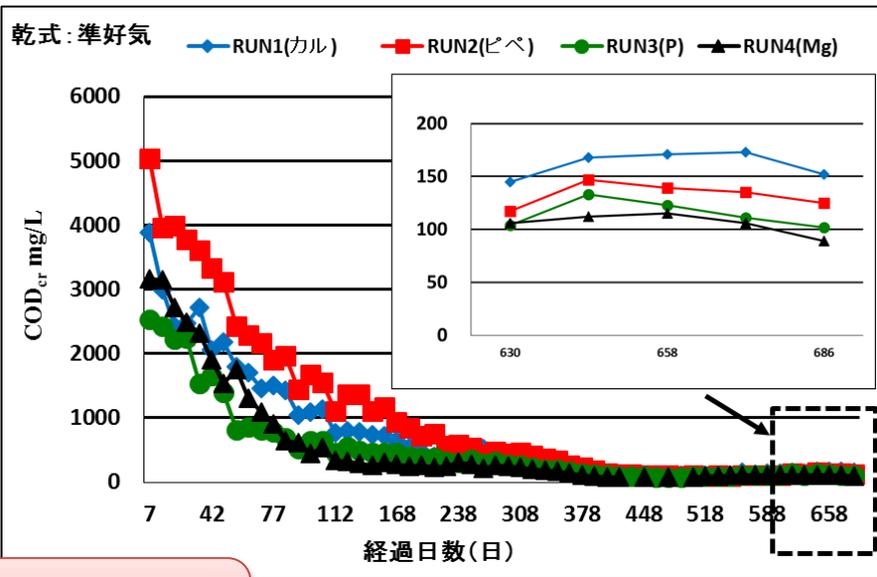
乾式ドロマイト



PH

# 排ガス処理方式別浸出水の初期PHの比較

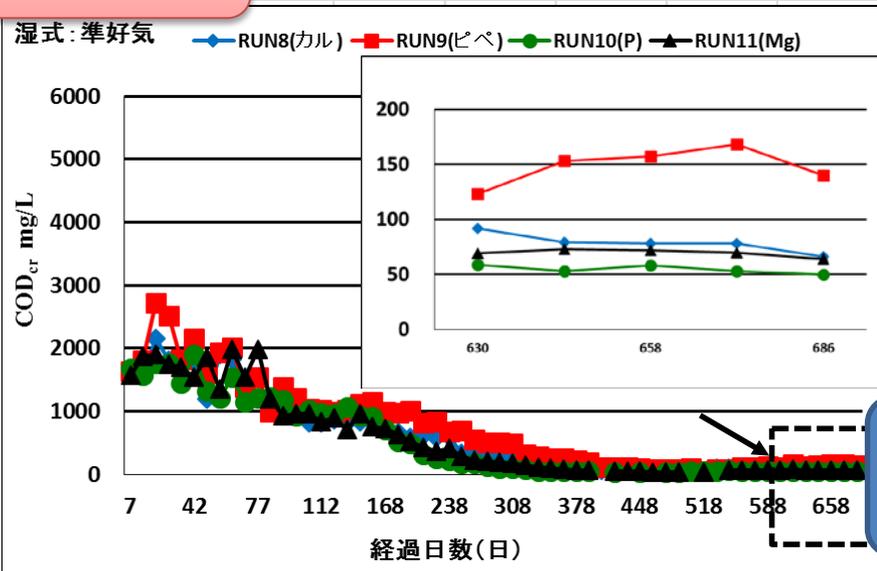




準好気

乾式  
Ca

嫌気

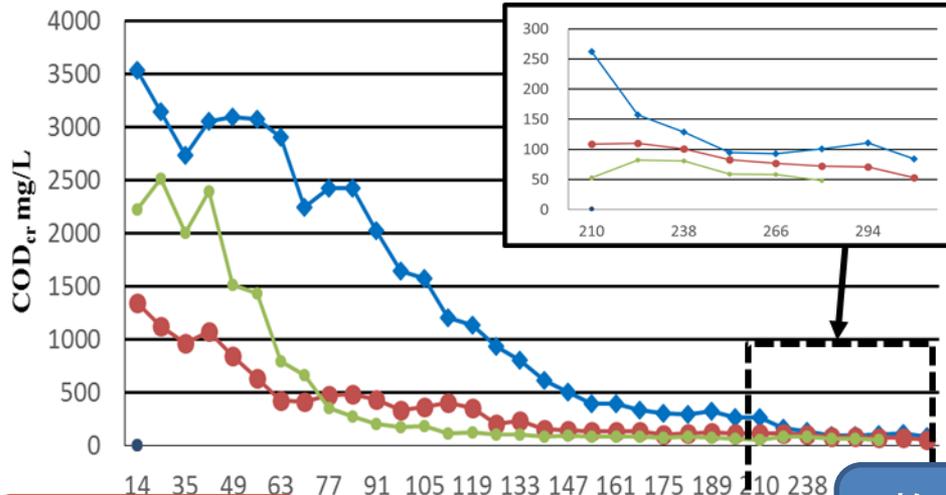


湿式

COD<sub>cr</sub>

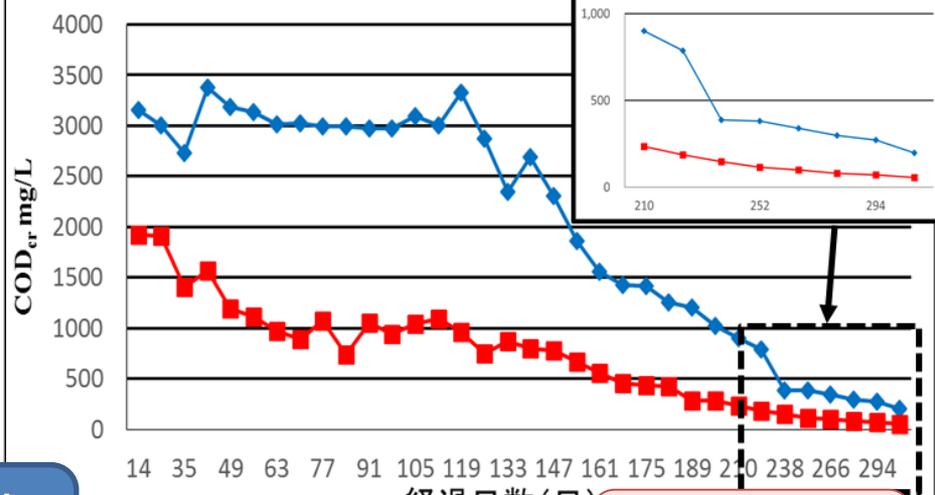
乾式: 準好気

◆ RUN12(ピペ)    ● RUN13(リン)    ▲ RUN18(BL)



◆ RUN14 (ピペ)

■ RUN15 (リン)

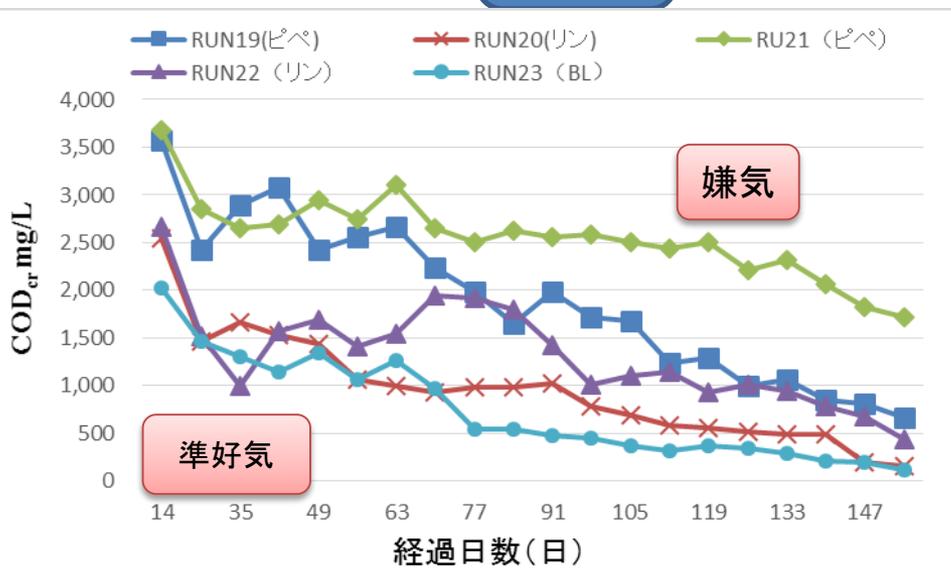


準好気

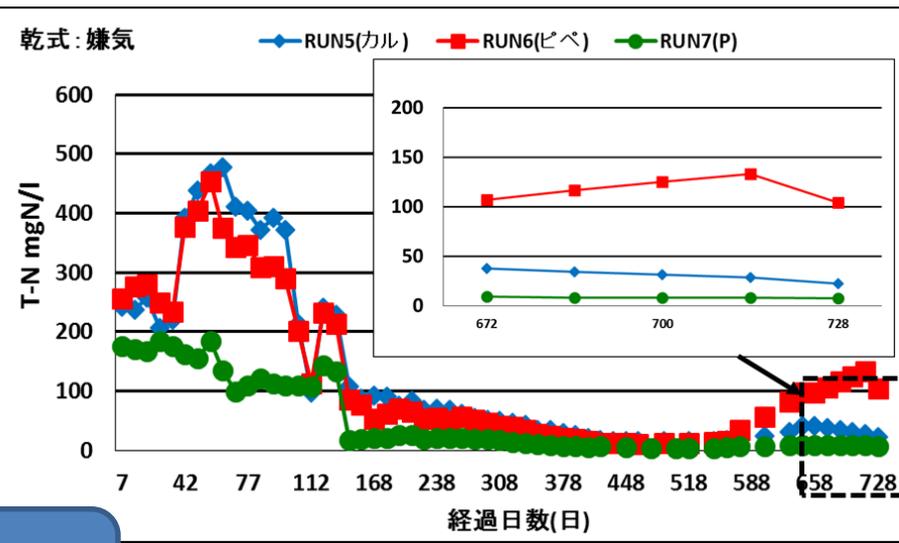
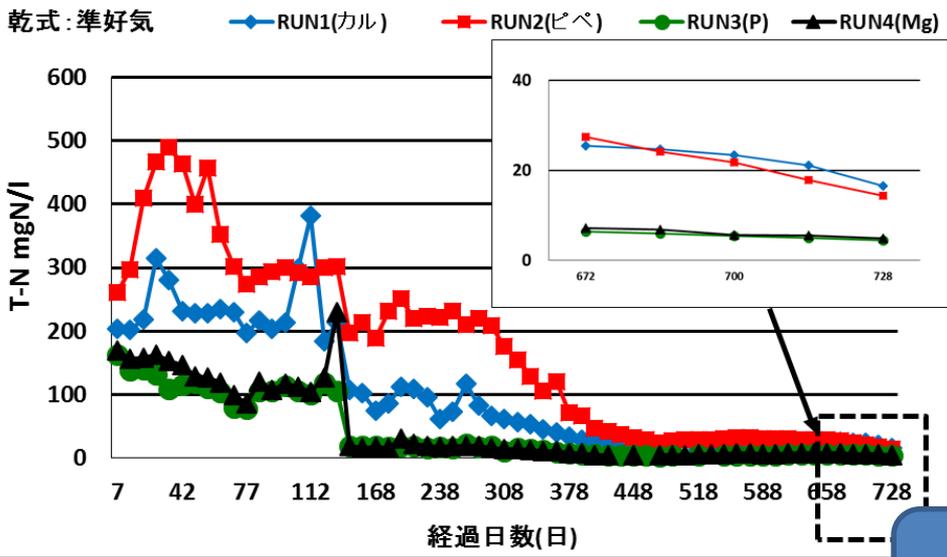
乾式 Na

嫌気

乾式ドロマイト



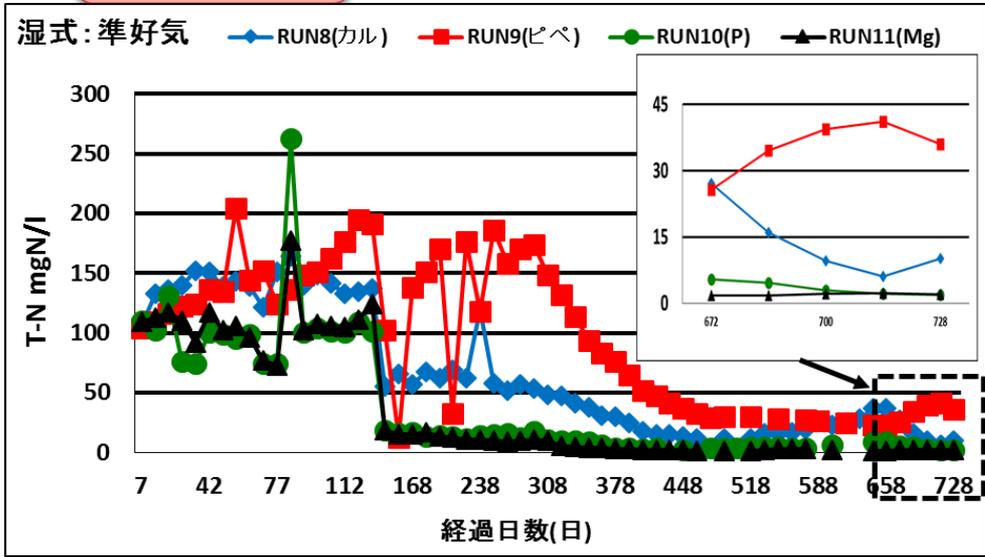
CODcr



準好気

乾式Ca

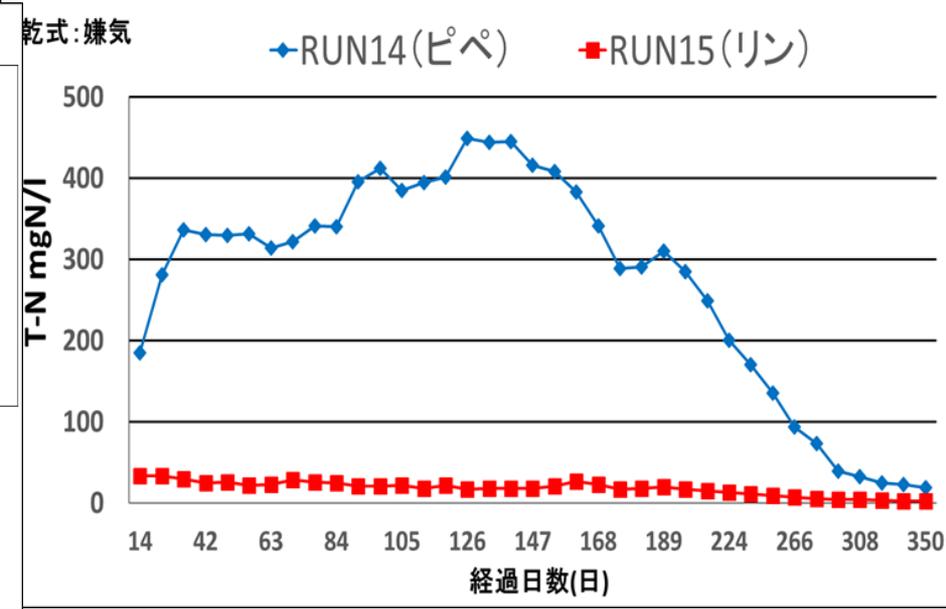
嫌気



湿式

T-N

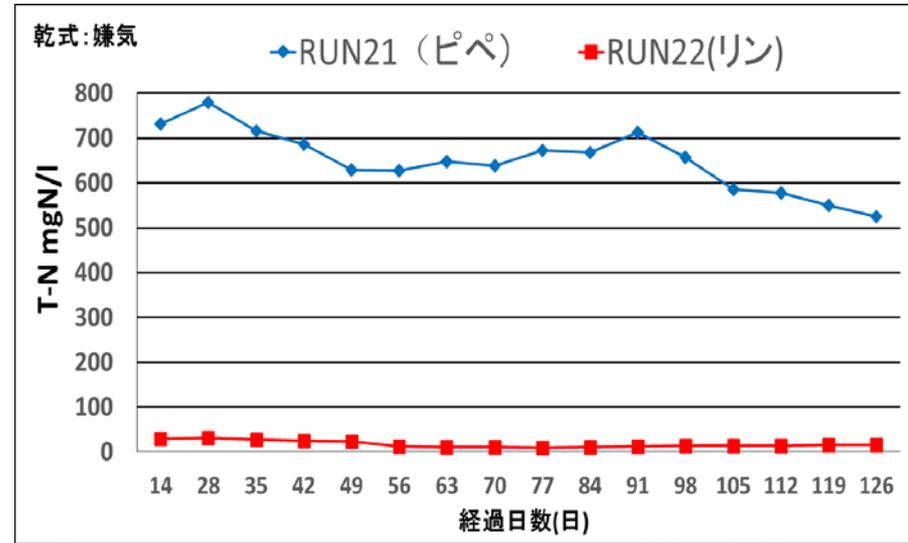
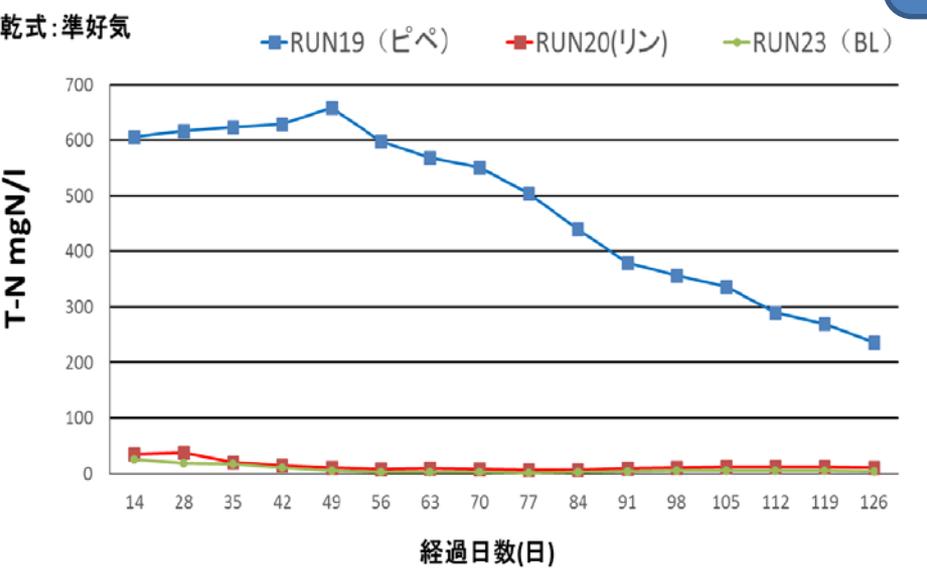
T-N



準好気

乾式Na

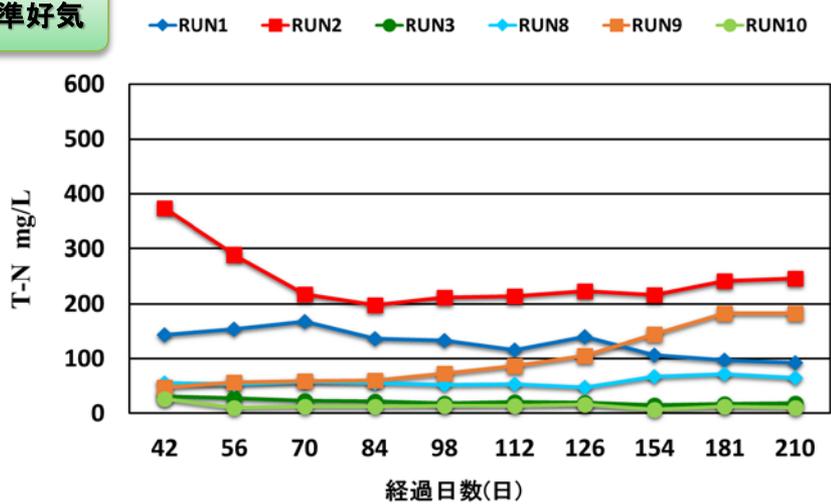
嫌気



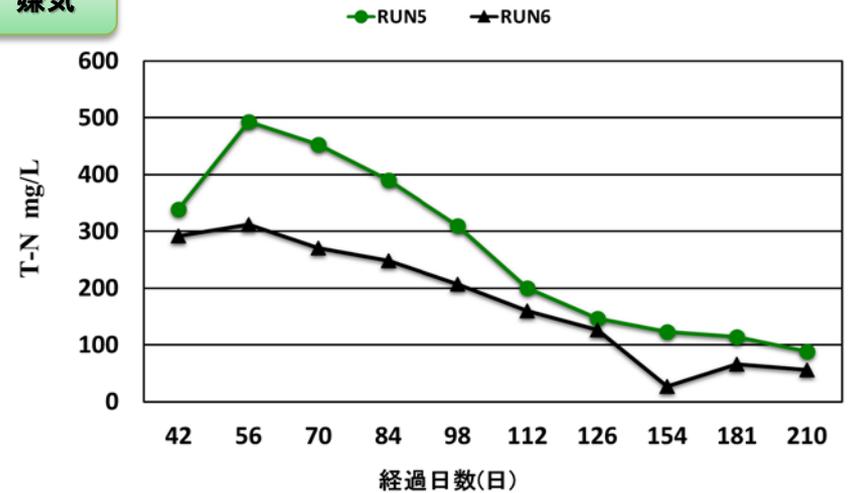
# T-NとO-N

## T-N

準好気

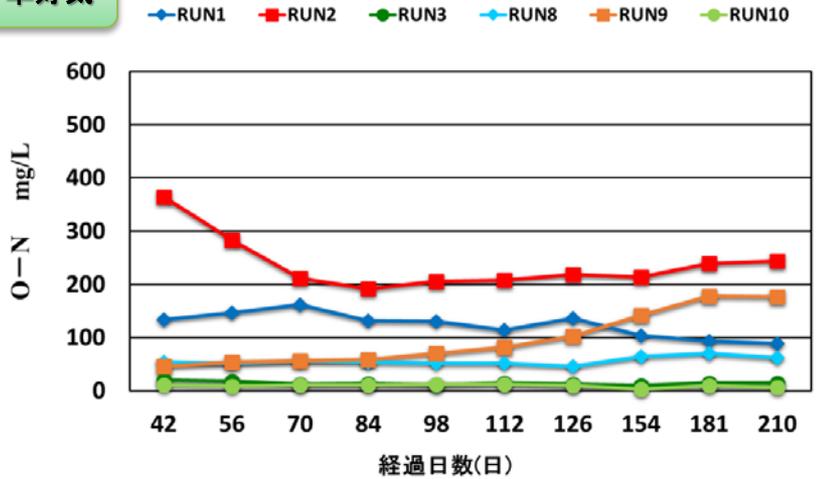


嫌気

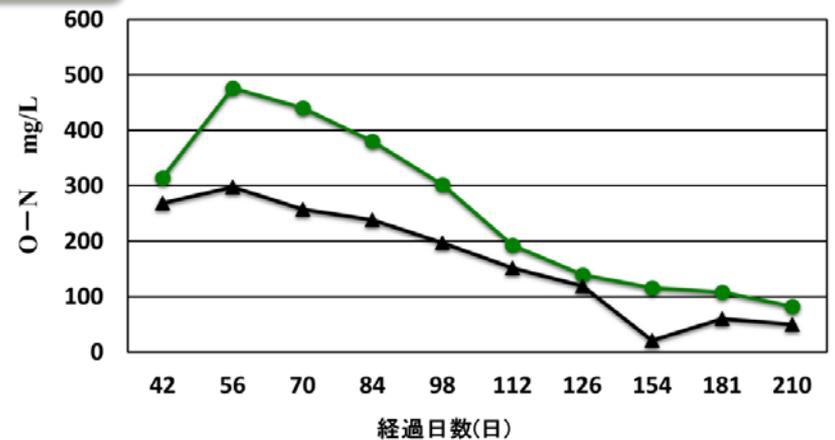


## O-N

準好気



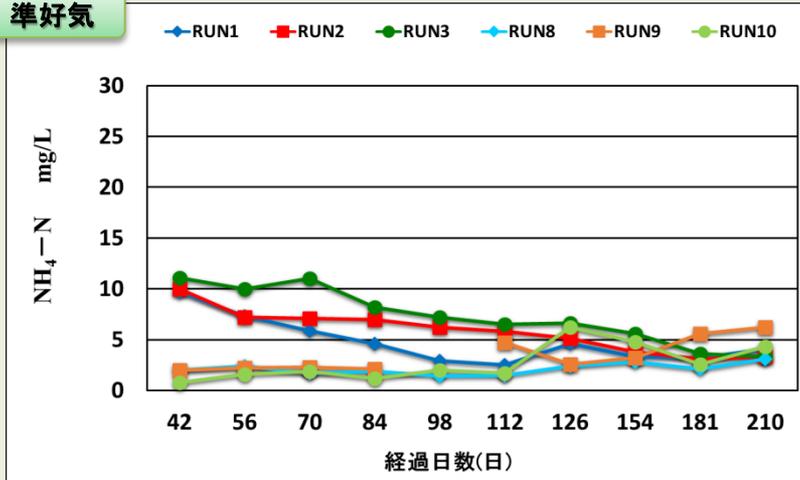
嫌気



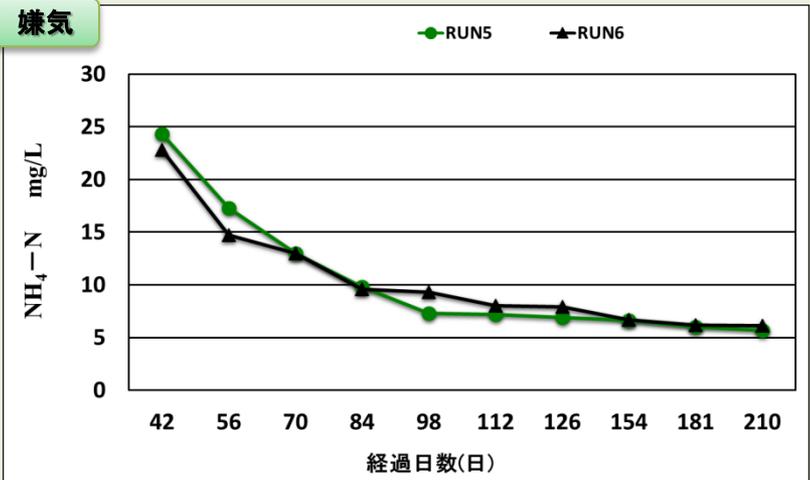
# NH<sub>4</sub>-NとNO<sub>2</sub>-N

## NH<sub>4</sub>-N

準好気

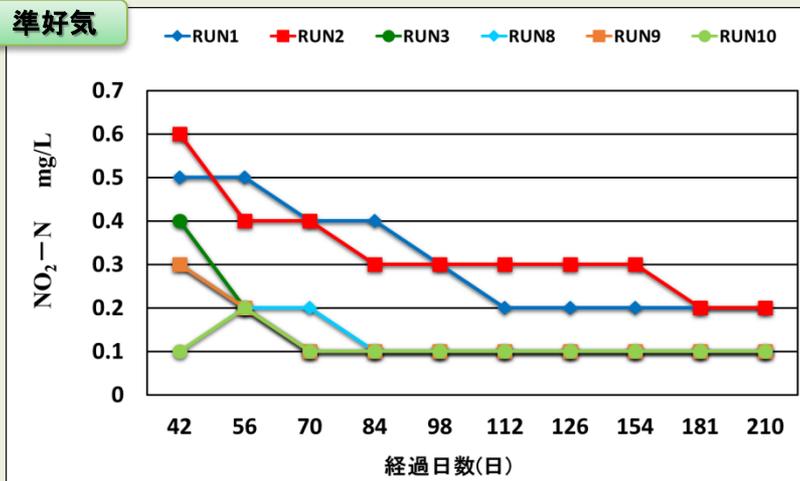


嫌気

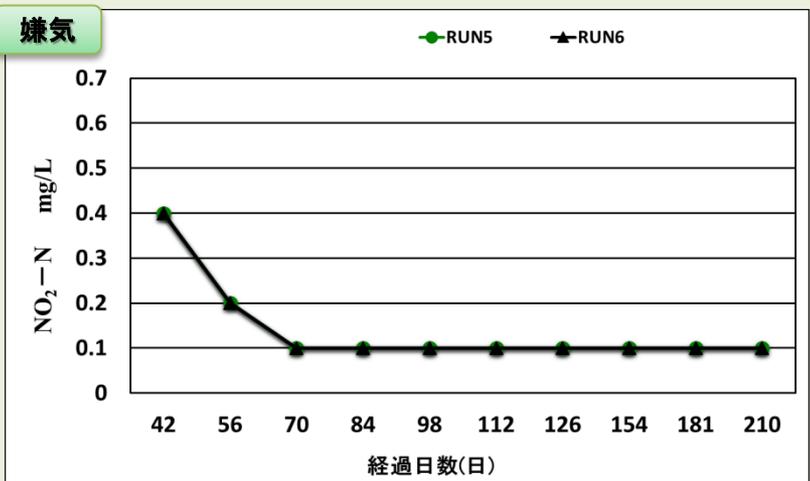


## NO<sub>2</sub>-N

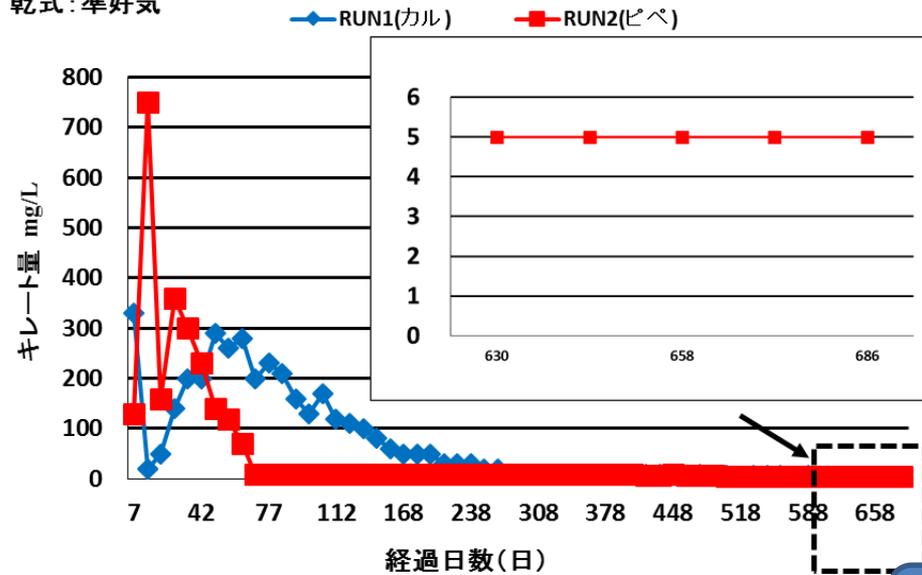
準好気



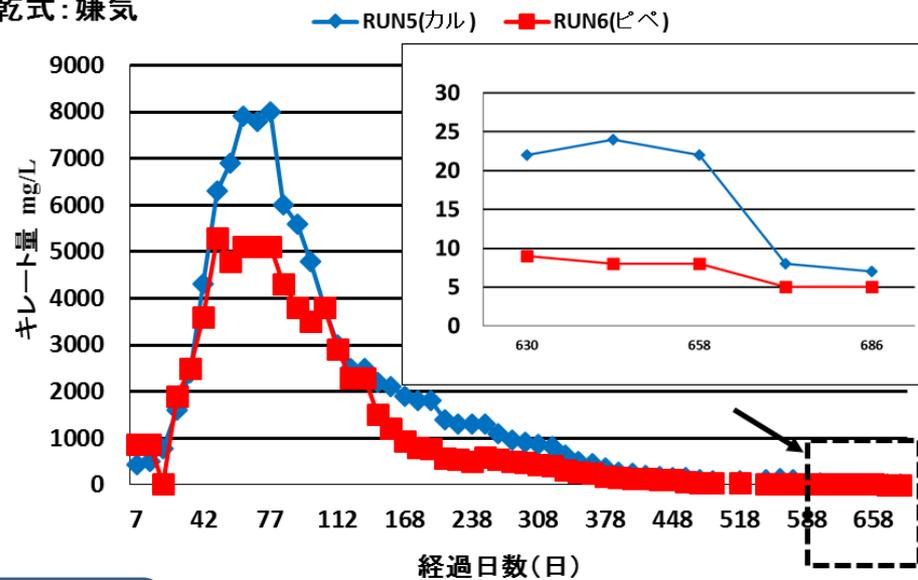
嫌気



乾式：準好気

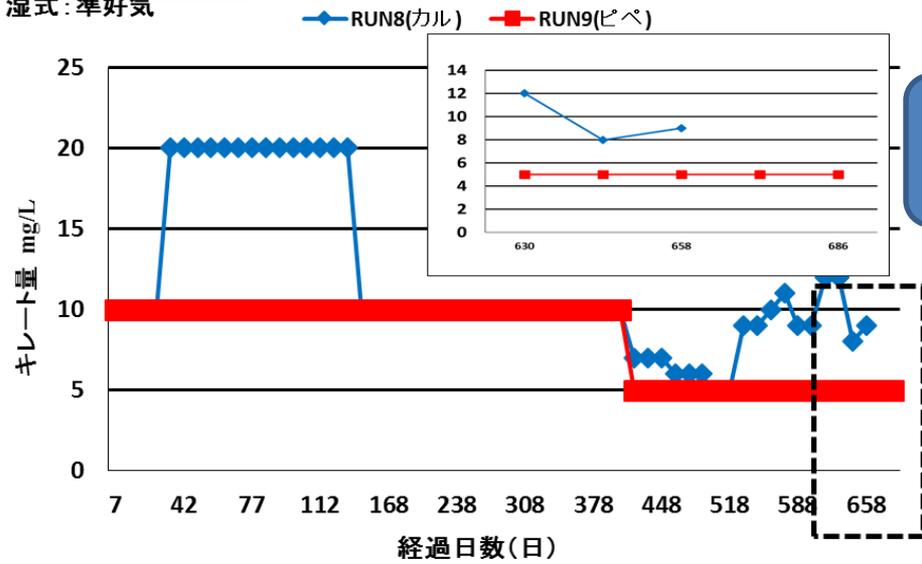


乾式：嫌気



準好気

湿式：準好気



乾式Ca

湿式

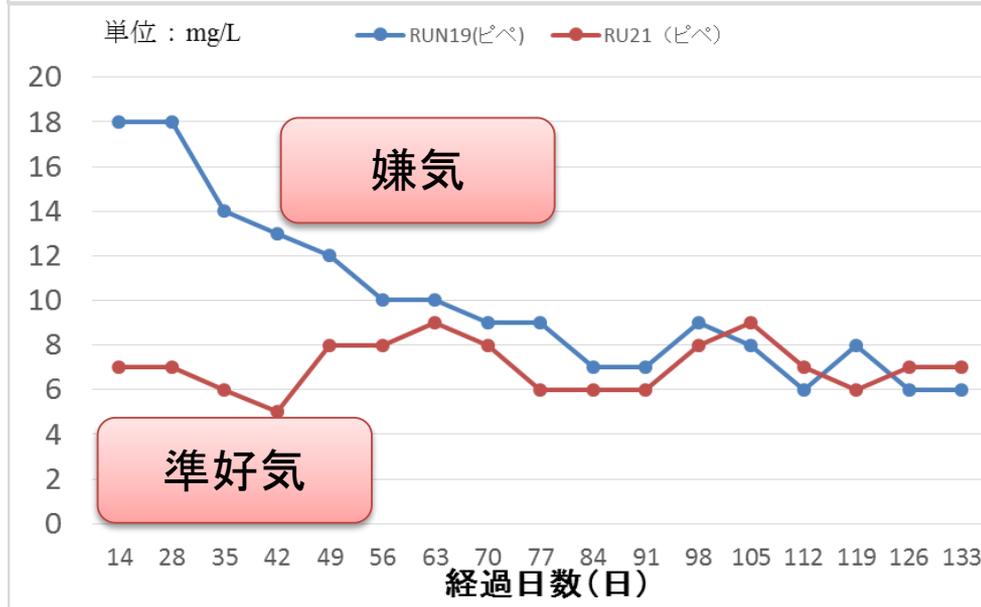
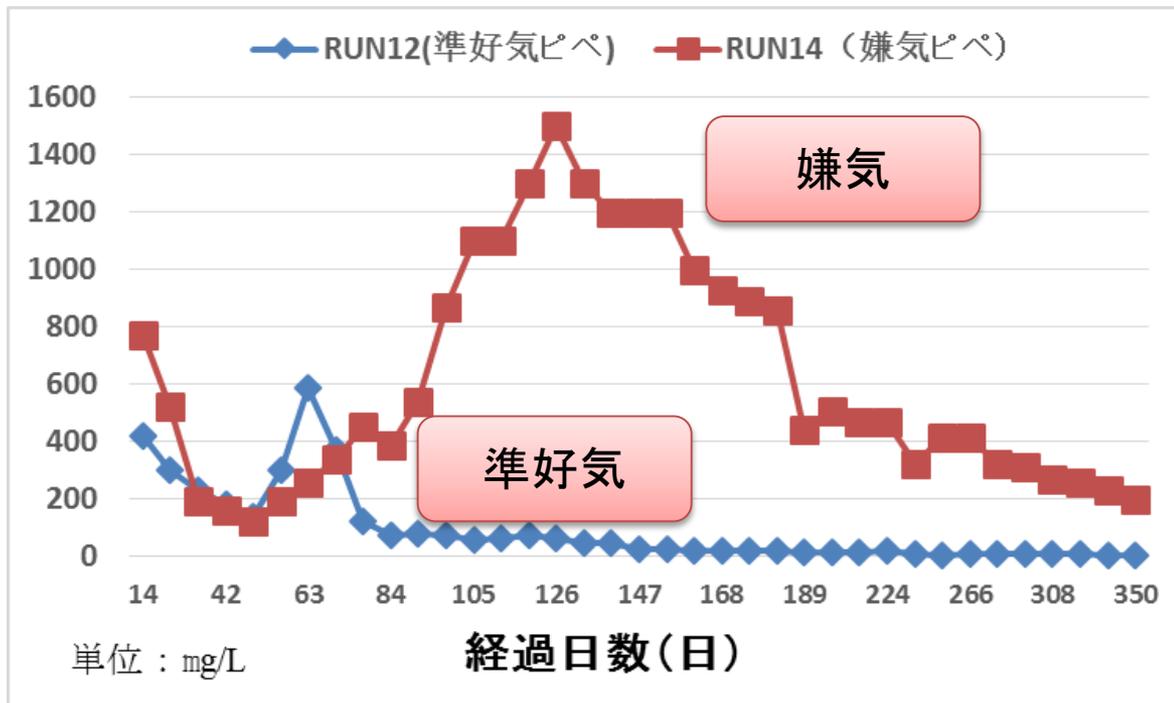
嫌気

残存キレート

残存キレート

乾式Na

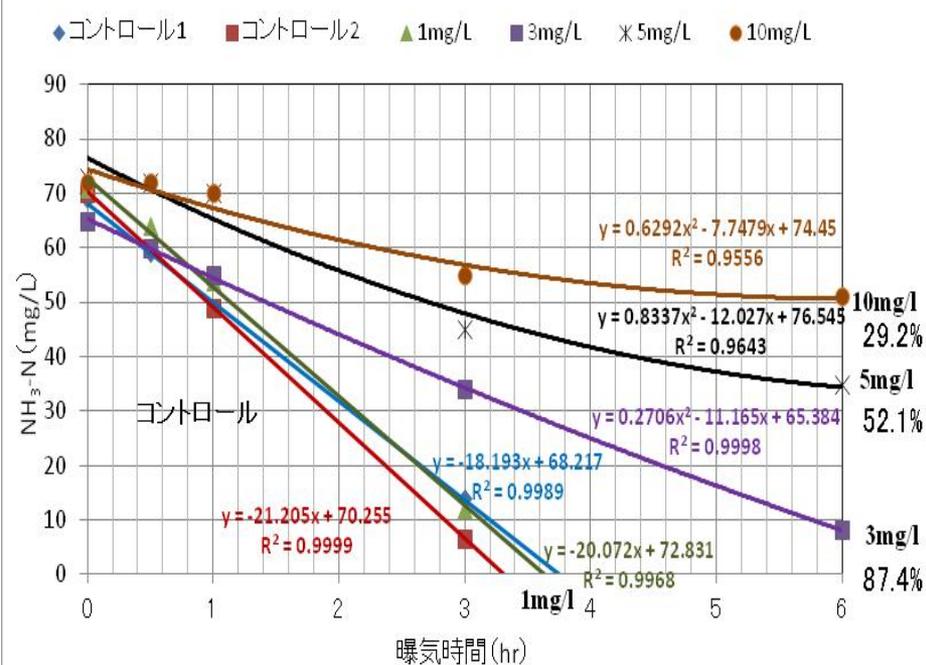
乾式ドロマイト



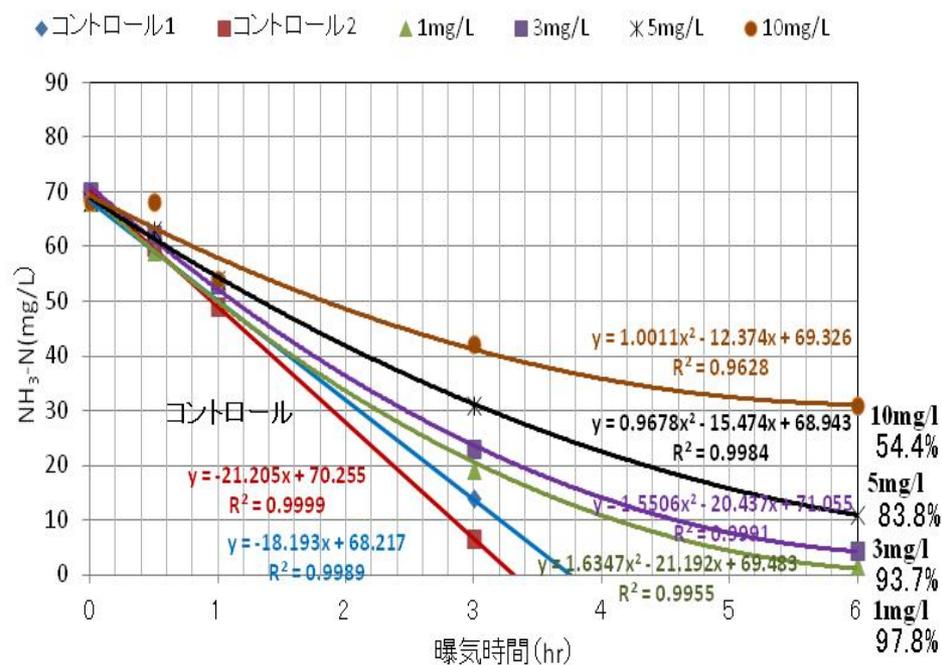
# 硝化実験

## 活性汚泥を用いたバッチ式硝化実験

ジチオカルバミン酸系

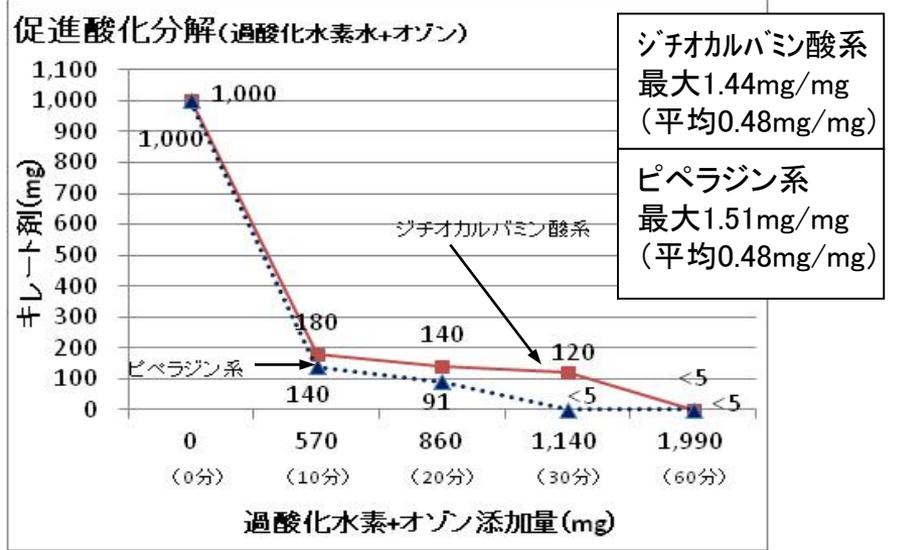
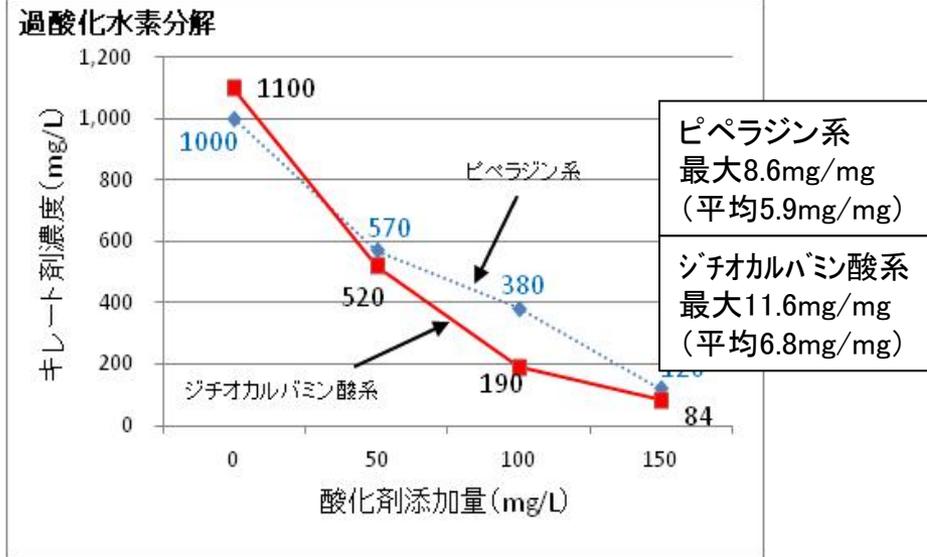
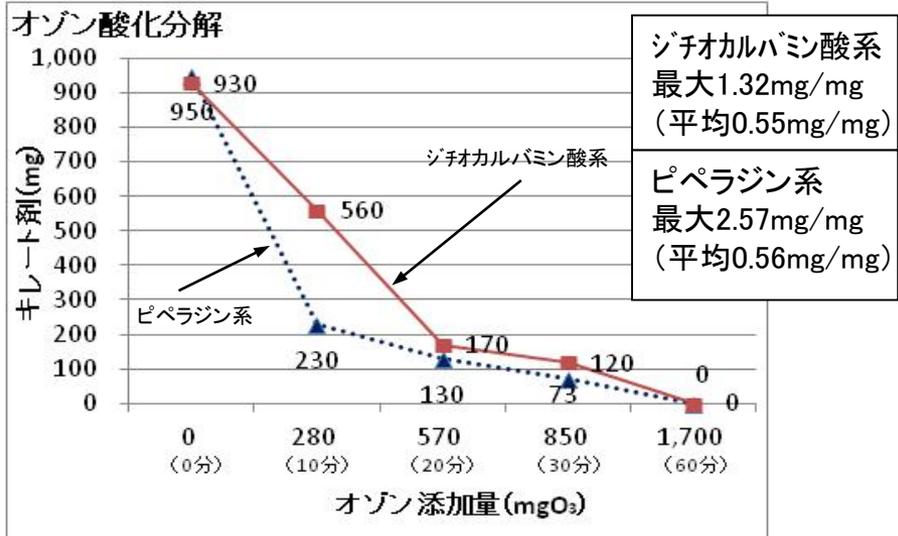
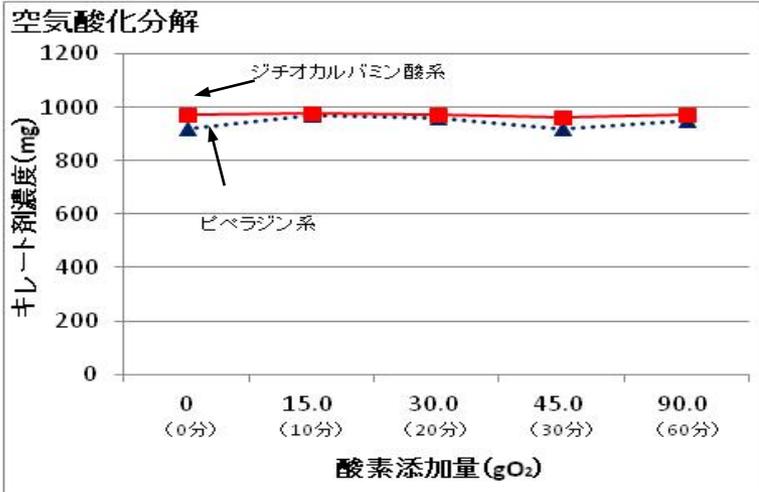


ピペラジン系



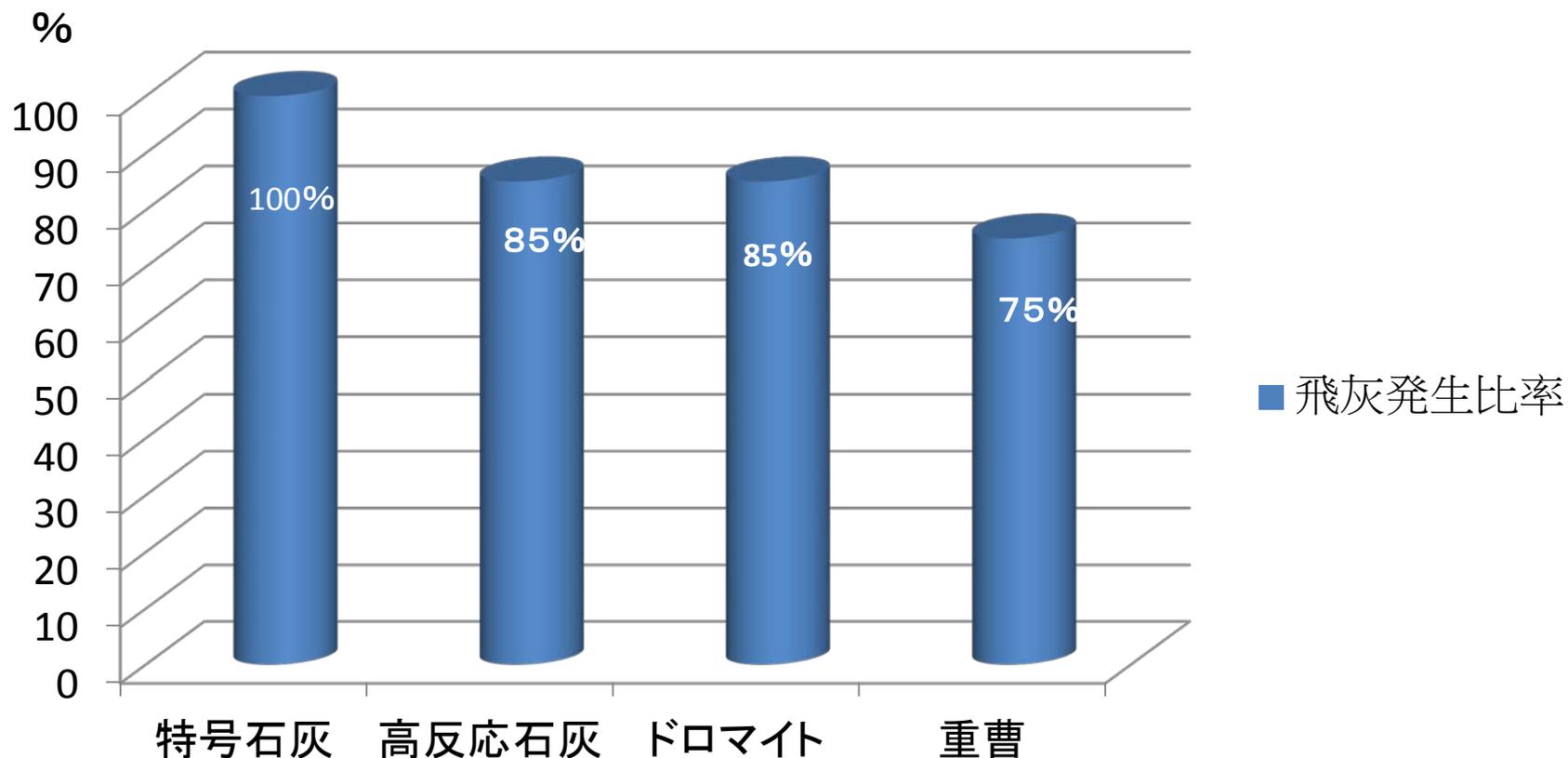
**50%阻害濃度** ➡ **ジチオカルバミン酸系:約5mg/L** ・ **ピペラジン系:約10mg/L**

# 有機キレート剤の分解実験



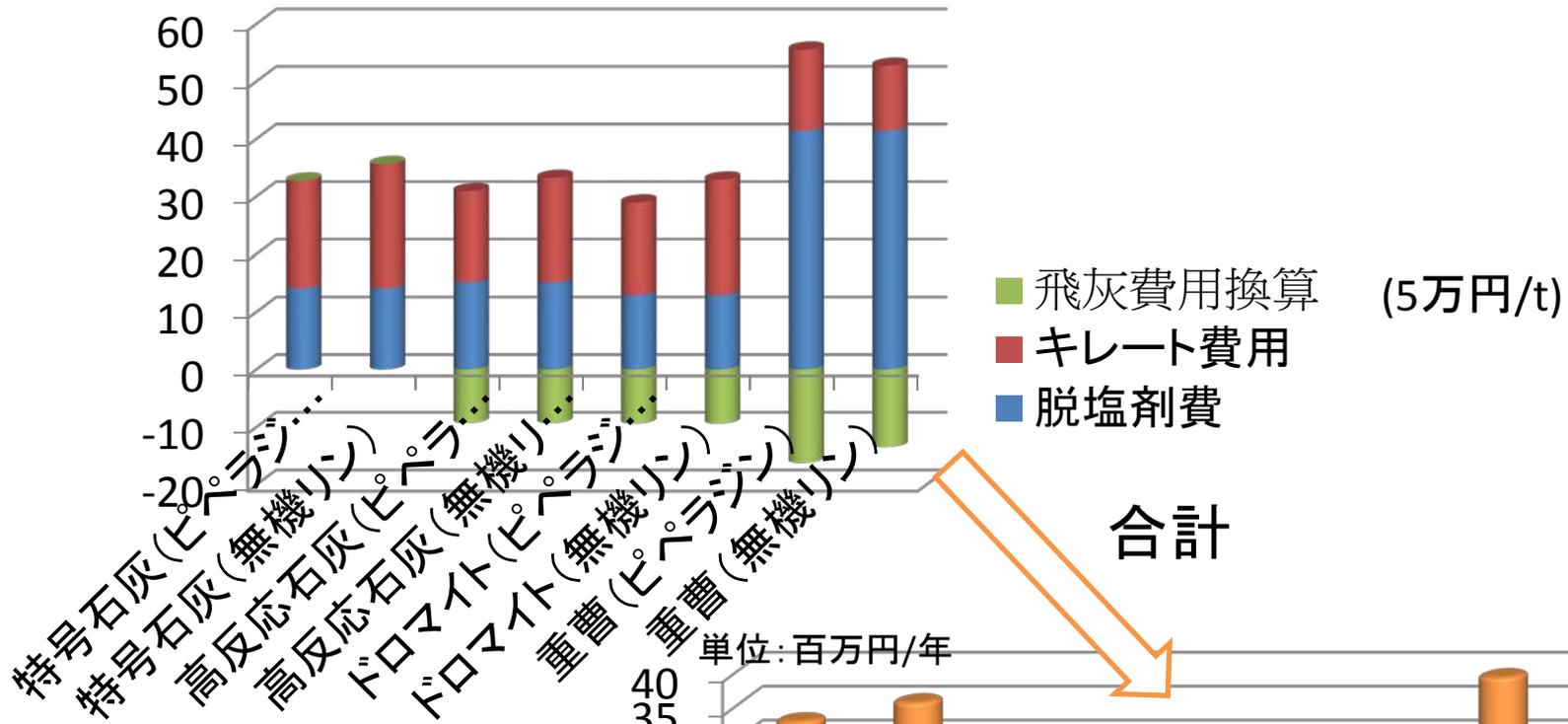
# 人口20万人 焼却施設規模200t/日

飛灰発生比率(特号石灰を100%)

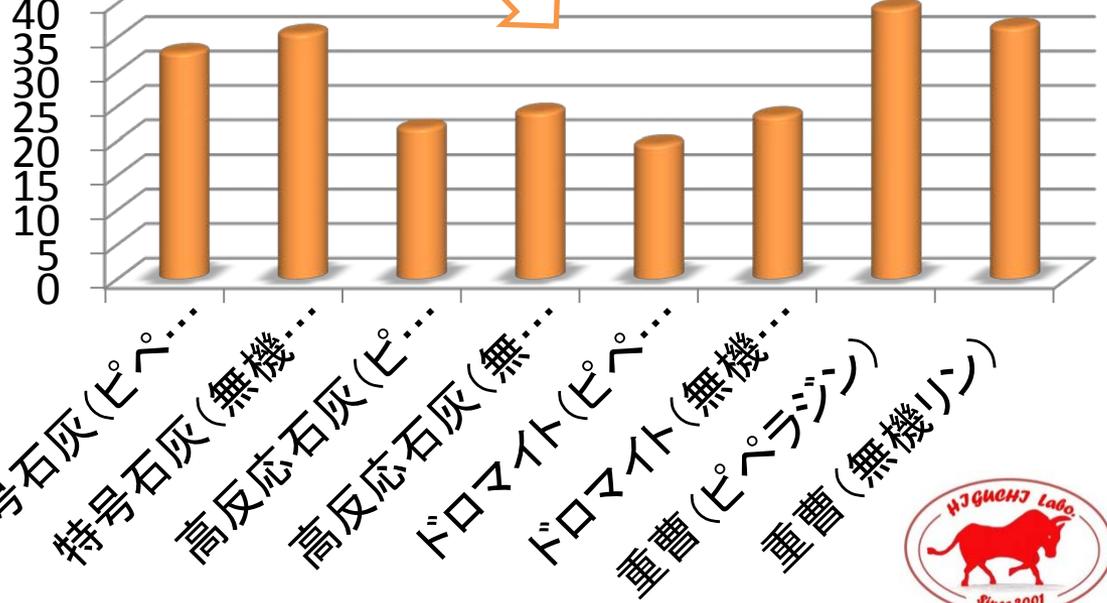


# 焼却薬剤費用＋飛灰コスト換算

単位:百万円/年



単位:百万円/年



# 人口20万人規模の処分場

埋立容量20万m<sup>3</sup> 埋立面積20,000m<sup>2</sup> 浸出水処理施設90m<sup>3</sup>/日

## 浸出水処理水質

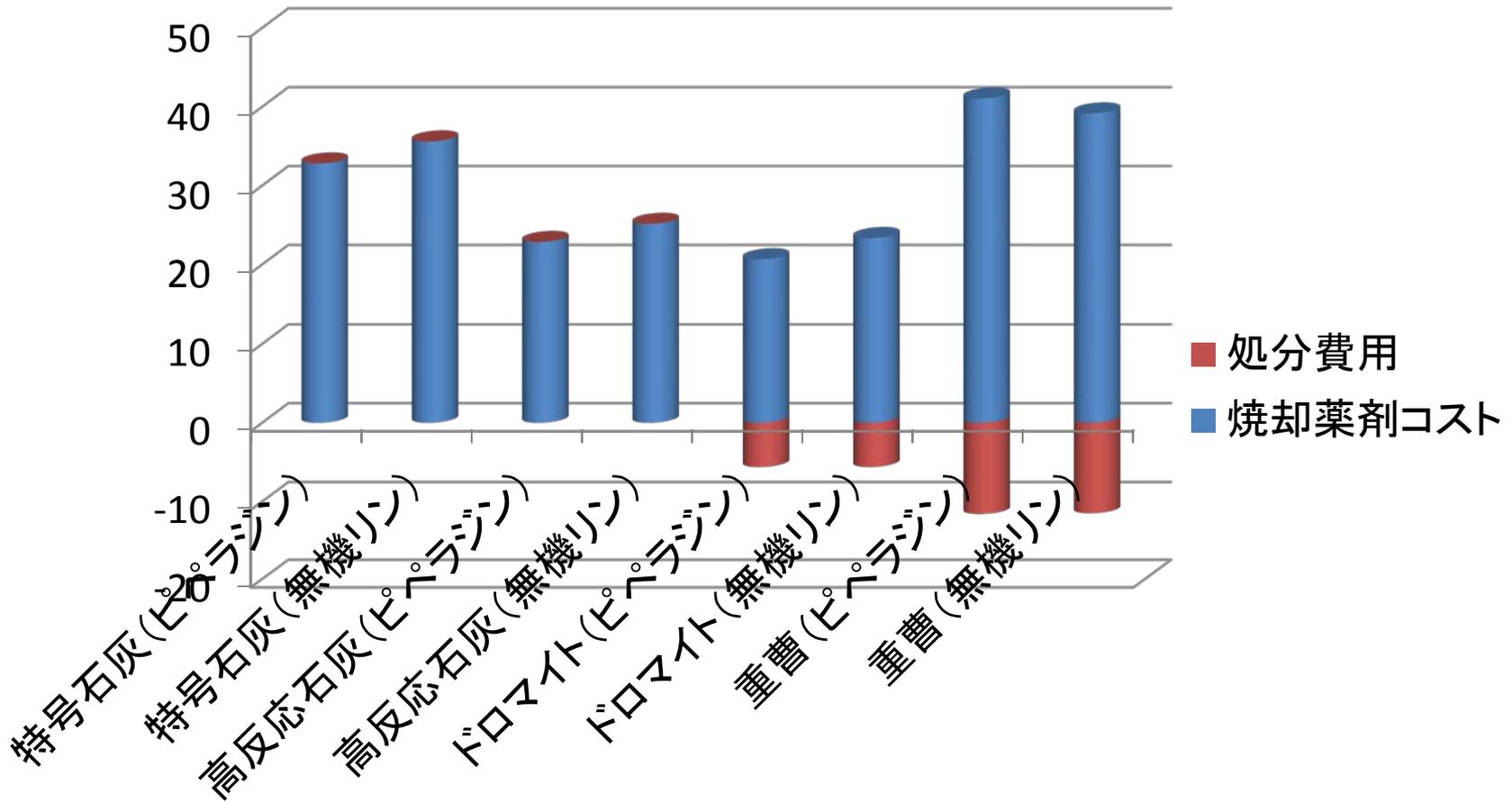
	特号石灰		高反応石灰		水酸化ドロマイト		重曹	
PH	10~11		10~11		9~10		10~11	
BOD <sub>mg/L</sub>	200		200		200		200	
SS <sub>mg/L</sub>	300		300		300		300	
Cl <sup>-</sup> <sub>mg/L</sub>	15,000		15,000		15,000		15,000	
Ca <sup>2+</sup> <sub>mg/L</sub>	3,500		3,500		2,000		10	
COD <sub>Mn</sub> <sub>mg/L</sub>	500	200	500	200	500	100	1,000	50
T- N <sub>mg/L</sub>	300	100	300	100	300	50	300	30
水処理パターン	1	1	1	1	1	2	3	4

# 浸出水処理施設設定フロー

パターン	処理フロー										
1	原水槽	Ca除去	BOD酸化槽	硝化槽	脱窒素槽	再曝気槽	凝沈槽	砂ろ過	活性炭	ED	滅菌槽
	原水槽	Ca除去	→							RO	滅菌槽
2	原水槽	Ca除去	BOD酸化槽	→			凝沈槽	砂ろ過	活性炭	ED	滅菌槽
	原水槽	Ca除去	→							RO	滅菌槽
3	原水槽	→	BOD酸化槽	硝化槽	脱窒素槽	再曝気槽	凝沈槽	砂ろ過	活性炭	ED	滅菌槽
	原水槽	→									RO
4	原水槽	→	BOD酸化槽	→			凝沈槽	砂ろ過	活性炭	ED	滅菌槽
	原水槽	→									RO

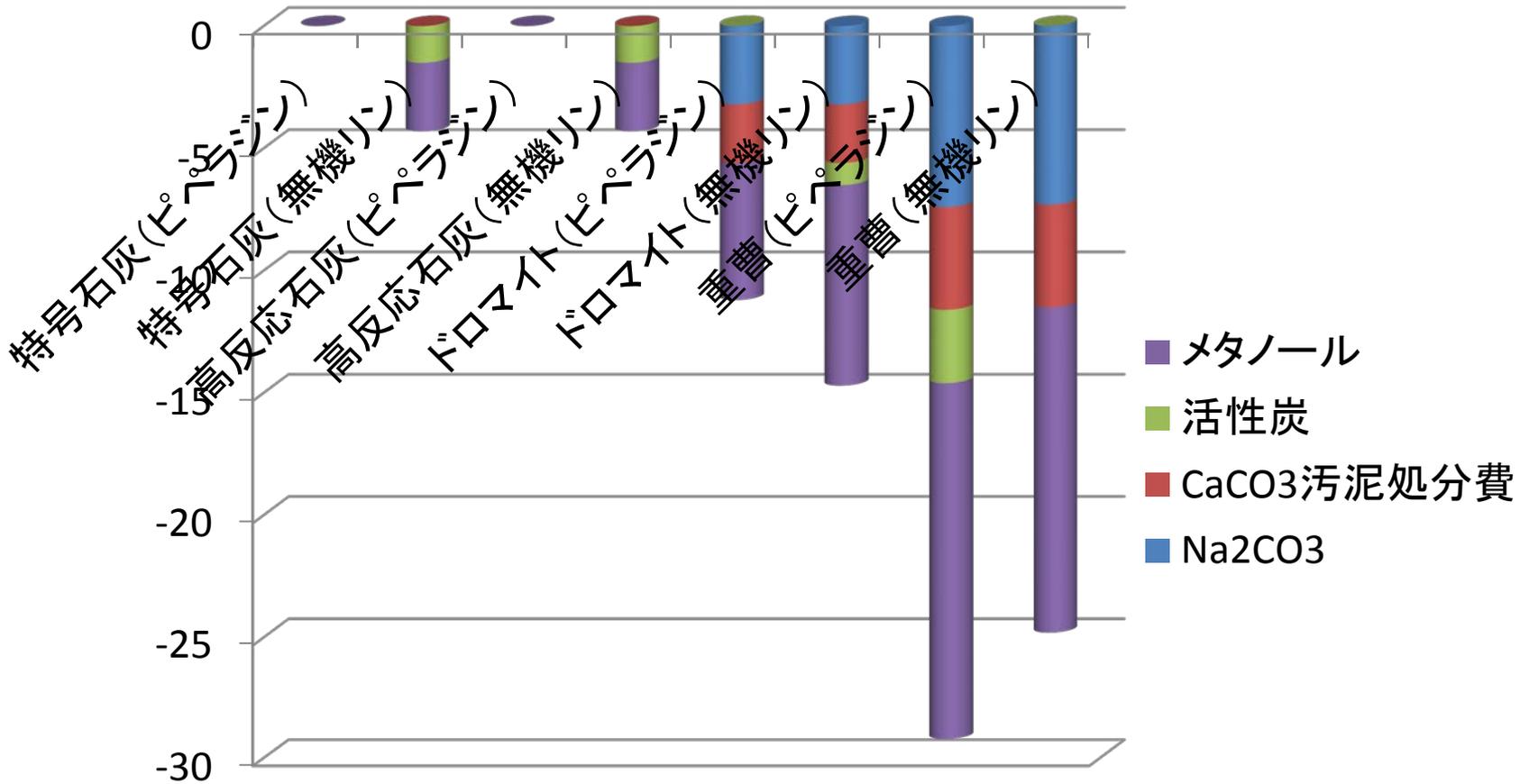
# 焼却薬剤コストと処分費用

単位：百万円/年



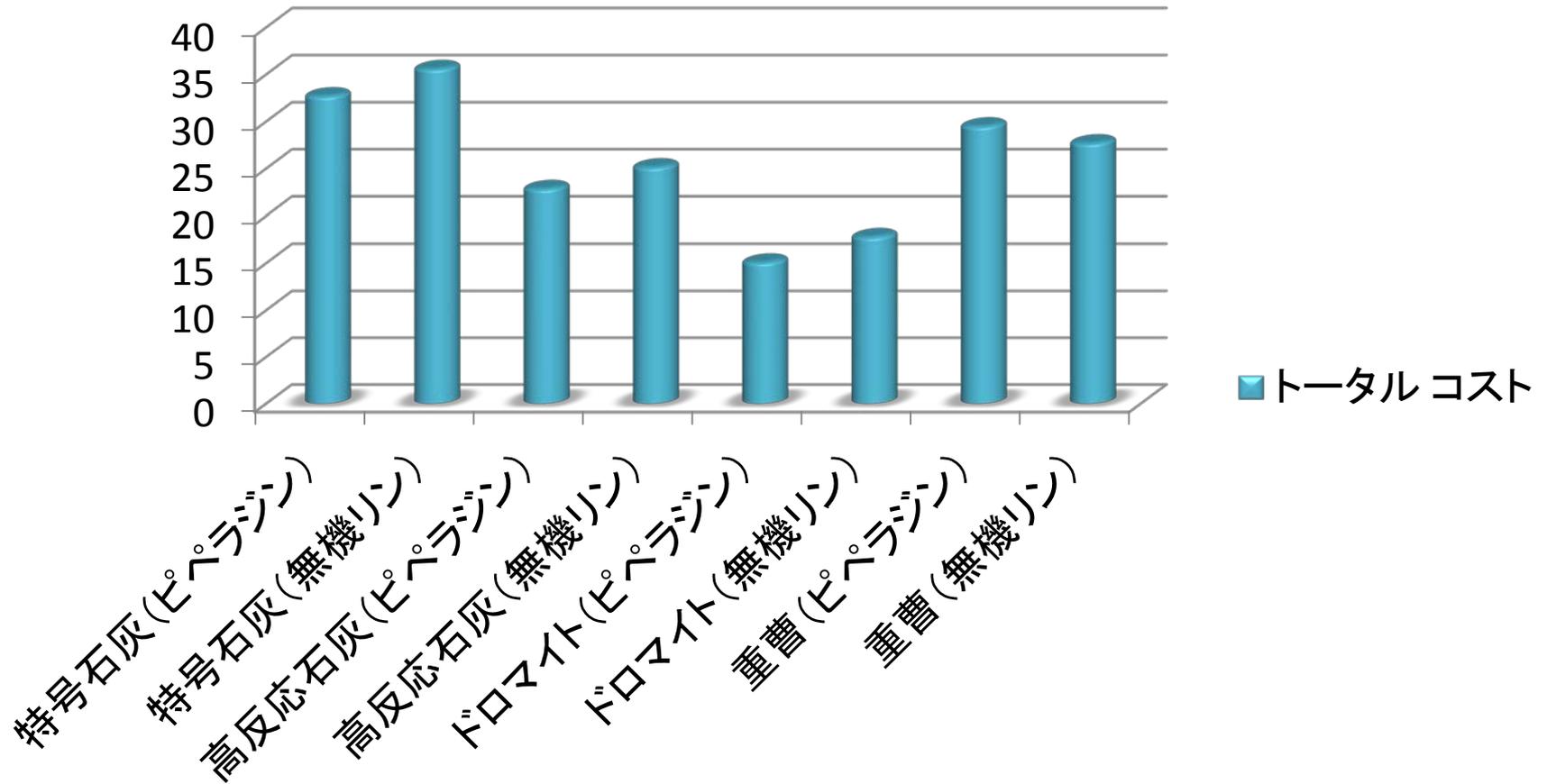
# 最終処分場コスト削減費用

単位：百万円/年



# トータルコスト(焼却薬剤+処分薬剤)

単位:百万円/年



# 総合評価

脱塩剤	特号消石灰		高反応消石灰		水酸化ドロマイト		重曹	
	ピペラジン	無機リン	ピペラジン	無機リン	ピペラジン	無機リン	ピペラジン	無機リン
キレート剤	ピペラジン	無機リン	ピペラジン	無機リン	ピペラジン	無機リン	ピペラジン	無機リン
トータルコスト(%)	100	108	77	65	46	54	90	85
	×	×	○	○	◎	◎	○	○
処分場廃止阻害要因	PH,Cl-,COD,T-N	PH,Cl-	PH,Cl-,COD,T-N	PH,Cl-	Cl-,COD,T-N	Cl-	Cl-,COD,T-N	Cl-
早期安定化、廃止	×	○	×	○	×	◎	×	◎
灰セメントリサイクル	○	○	○	○	○	○	×	×
副生塩リサイクル(エコ次亜)	○	○	○	○	○	○	◎	◎
<b>総合評価</b>	<b>×</b>	<b>×</b>	<b>△</b>	<b>○</b>	<b>○</b>	<b>◎</b>	<b>○</b>	<b>◎</b>

# 結論

- 有機系キレート剤にはCOD<sub>Cr</sub>、窒素を高濃度に含有し、チオ尿素様物質が含まれる。
- 有機系キレートを構成する窒素のほぼ100%が有機態窒素であり、浸出水中の窒素も大半が有機態窒素である。
- 有機系キレート剤を使用したライシメーターからは残存キレートが長期に渡って溶出する。
- 残存キレート、T-N、COD<sub>Cr</sub>共、嫌氣的雰囲気の方が高濃度である。埋立層に水が貯留されることにより、残存キレート、T-N、COD<sub>Cr</sub>が溶出しやすくなると考えられる。
- 無機系キレート剤にはチオ尿素様物質は含まれていない。
- 有機系キレートを使用するとチオ尿素様物質、有機態窒素により浸出水処理工程において硝化阻害を引き起こす。(消化阻害実験)

- 有機系キレート剤分析は従来の定量限界10.mg/Lから1mg/Lに向上。
- 有機系キレートは促進酸化法、過酸化水素等により分解可能。
- 廃棄物処理全体システムから排ガス処理薬剤は水酸化ドロマイト、飛灰安定化剤は無機リン系が最もフィージブル。
- 準好気性埋立はキレートの溶出抑制に効果がある。
- 有機キレート剤は浸出水処理に支障を来たす。