

【参考資料】

[参考1] 重金属含有量(脱水汚泥等)

◆ 脱水汚泥等についての重金属の分析結果は以下のとおり。

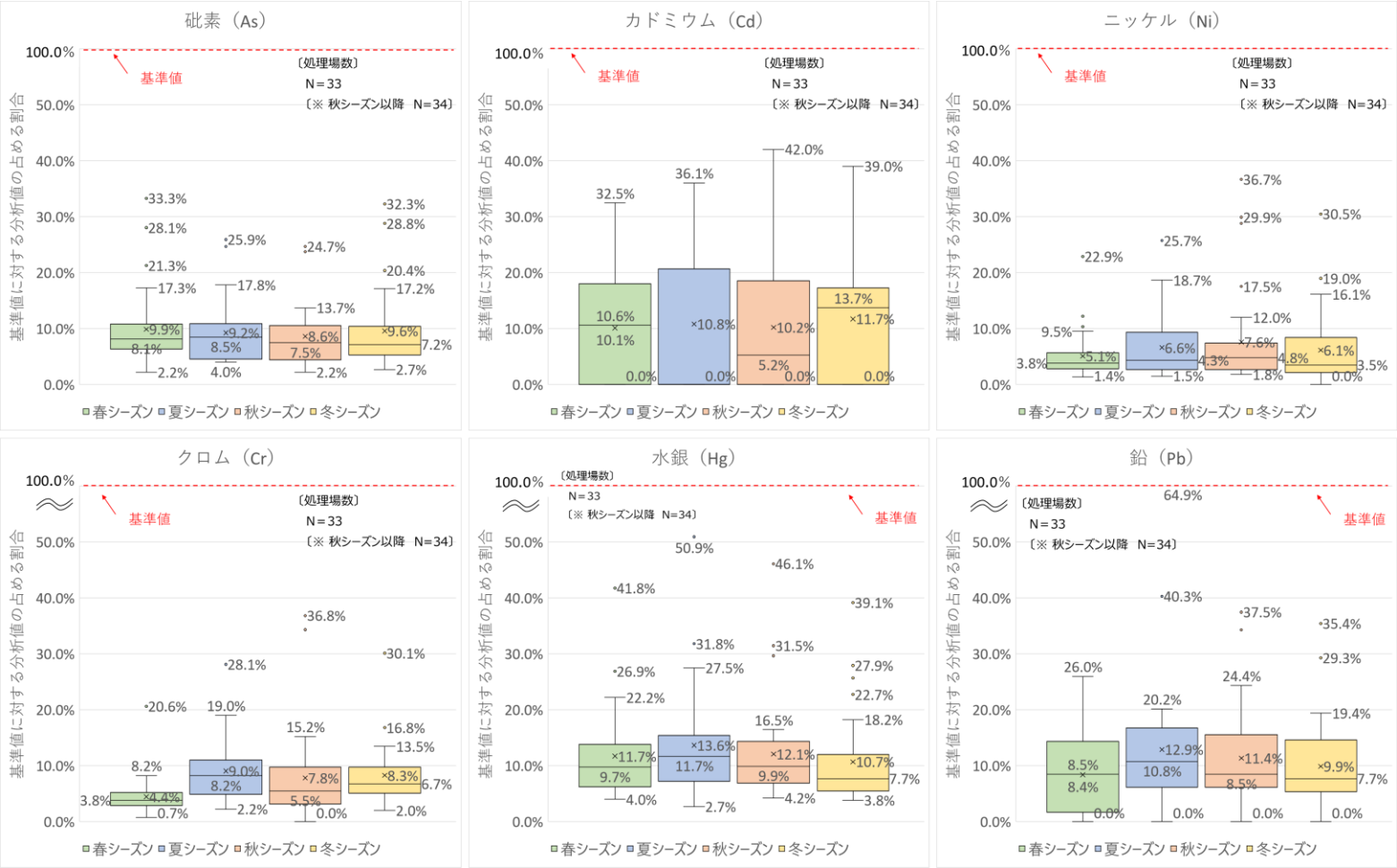


図6. 調査処理場における季節別重金属含有量 (乾物当たり)

※ **基準値**：「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。
※ 上図が示す重金属含有量(%)については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量(現物値)を乾燥試料中の含有量に換算(乾物換算)している。
換算式は以下のとおり。
$$\text{乾物当たりの分析値}(\%) = \text{試料の分析値(現物値)} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、春～夏シーズン33検体、秋～冬シーズン34検体の合計134検体。

●汚泥肥料中の有害成分(重金属)含有量の基準値(肥料の品質の確保等に関する法律)

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量(%)	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量(mg/kg)	50	5	300	500	2	100

[参考2] 重金属含有量(燃烧灰)

◆ 燃烧灰についての重金属の分析結果は以下のとおり。

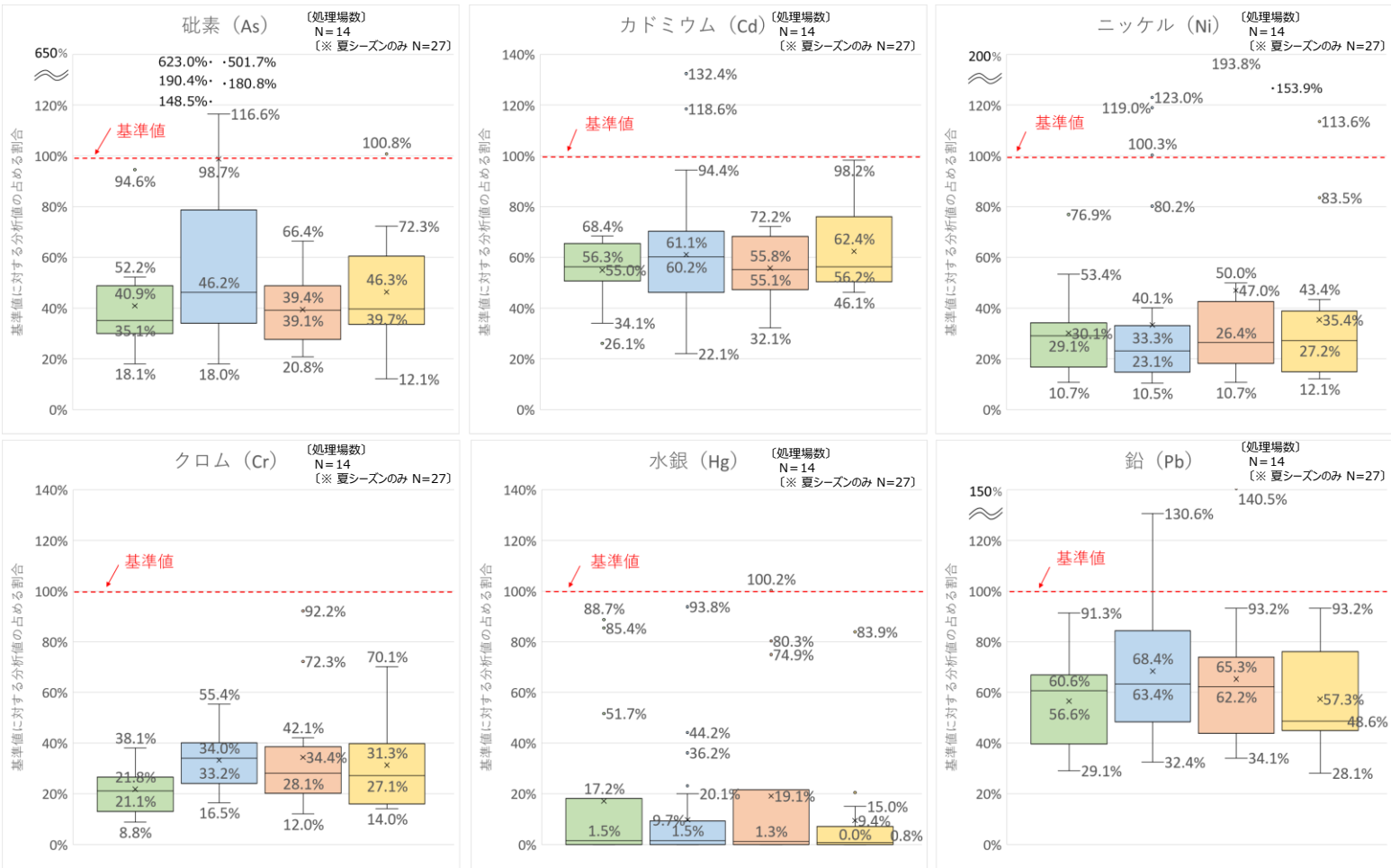


図15. 調査処理場における季節別重金属含有量（乾物当たり）

※ **基準値**：「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。

※ 上図が示す重金属含有量〔%〕については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量〔現物値〕を乾燥試料中の含有量に換算（乾物換算）している。

換算式は以下のとおり。

乾物当たりの分析値〔%〕 = 試料の分析値（現物値） × 100 / [100 - 試料の水分含有率（%）]

※ 検体数については、春シーズン14検体、夏シーズン27検体、秋～冬シーズン14検体の合計69検体。

● 汚泥肥料中の有害成分（重金属）含有量の基準値（肥料の品質の確保等に関する法律）

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量（%）	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量（mg/kg）	50	5	300	500	2	100

〔参考3〕 鉄全量とアルミニウム含有量(燃焼灰)

◆ 燃焼灰の鉄全量およびアルミニウム含有量の分析結果は以下のとおり。

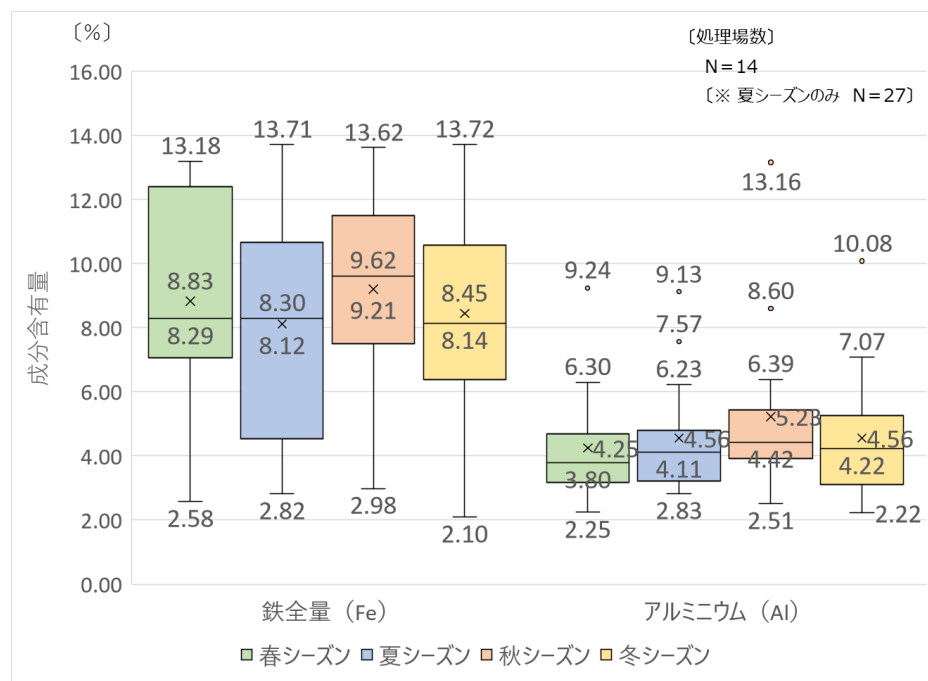


図11. 調査処理場における季節別鉄全量・アルミニウム含有量（乾物当たり）

※ 上図が示す肥料成分含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた肥料成分含有量(現物値)を乾燥試料中の含有量に換算(乾物換算)している。
換算式は以下のとおり。

乾物当たりの分析値[%] = 試料の分析値(現物値) × 100 / [100 - 試料の水分含有率(%)]

※ 検体数については、春シーズン14検体、夏シーズン27検体、秋～冬シーズン14検体の合計69検体。

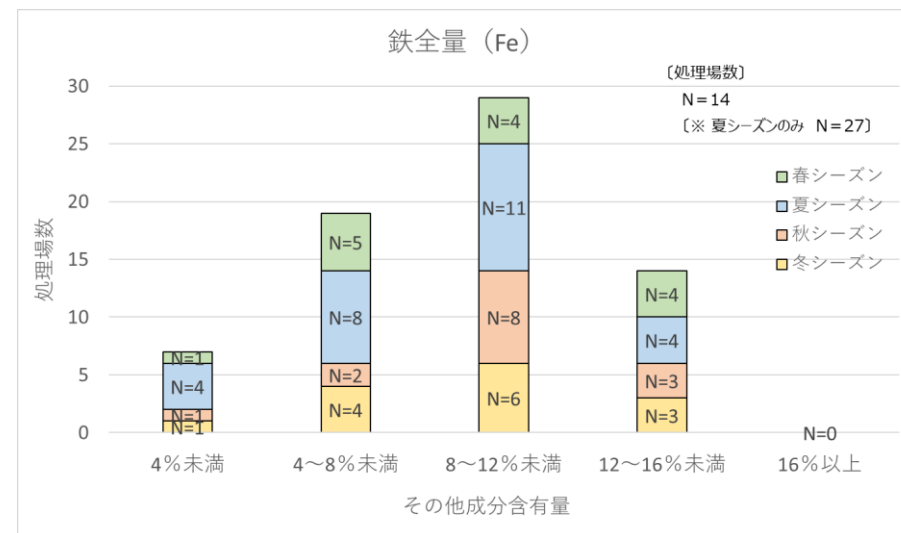


図12. 鉄全量含有量の割合別処理場数（乾物当たり）

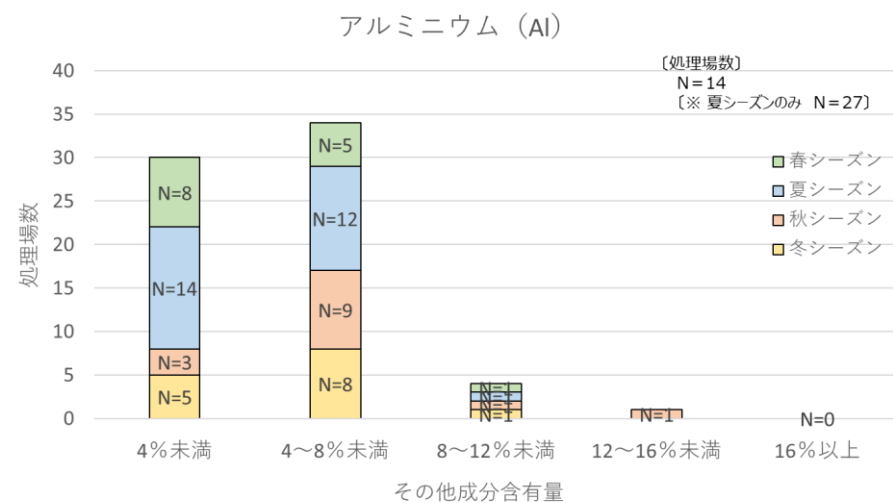


図13. アルミニウム含有量の割合別処理場数（乾物当たり）

[参考4-1] 連続サンプリング調査の目的・概要・分析手法

目的・概要

- ◆ 合流式下水道、分流式下水道を採用する地方公共団体をそれぞれ1団体選定し、肥料等試験法に定める分析法による連続的な成分分析調査を行うことで、下水汚泥中の肥料成分および重金属有害成分等の安定性を確認。

分析手法

- ◆ 下水汚泥の肥料化を検討する地方公共団体の協力を得て、右表のとおり、肥料原料評価項目である肥料成分3項目に加え、く溶性りん酸※および重金属有害成分6項目について、成分分析を実施した。
- ◆ 燃焼灰については、鉄全量、アルミニウムも分析を行った。
- ◆ 分析用試料は各地方公共団体にて分析可能な汚泥性状となるまで乾燥処理を実施した。

※ 植物が吸収利用できる肥料成分の保証形態の一つであり、現在、りん酸、加里、苦土、マンガン及びほう素について肥料公定規格の主成分に指定されている。
それぞれ2%のくえん酸水溶液に可溶の成分をいい、水溶性成分に比較して一般にやや緩効性と考えられている。
(出典：肥料要覧-2021/2022-、一般財団法人 農林統計協会)

成分分析調査概要（短期変動）			
対象処理場		A処理場	B処理場
下水排除方式		分流（一部合流）	
下水道処理区域	下水排除方式	計画面積割合	
	合流式	約35%	
	分流式	約65%	
分析対象		□ 脱水汚泥、□ 燃焼灰※1	
採取時期※2		□ 晴天時・雨天時	□ 晴天時
採取頻度※3		2回・日／平日5日間	1回・日／7日間
分析方法		「肥料等試験法（2023）」 ※ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター（FAMIC） 〔 http://www.famic.go.jp/ffis/fert/bunseki/sub9_shiken2023.html 〕	
分析項目	肥料成分	□ 窒素全量（N）、□ りん酸全量（P ₂ O ₅ ）、 □ 加里全量（K ₂ O）、□ く溶性りん酸（P ₂ O ₅ ）、□ 鉄全量（Fe）※4	
	重金属	□ 砒素（As）、□ カドミウム（Cd）、□ ニッケル（Ni）、 □ クロム（Cr）、□ 水銀（Hg）、□ 鉛（Pb）	
	その他成分	□ アルミニウム（Al）※4	

※1 A・B処理場ともに流動床炉の燃焼灰。
※2 サンプルの採取時期は以下のとおり。
□ A処理場：5月27日～5月31日〔雨天時〕、7月22日～7月26日〔晴天時〕、□ B処理場：8月19日～8月25日
※3 サンプルの採取頻度は以下のとおり。
□ A処理場：12時間おきに5日間連続で試料採取を実施。 □ B処理場：24時間おきに7日間連続で試料採取を実施。
※4 燃焼灰のみ分析。

【参考4-2】肥料成分含有量(脱水汚泥)

◆ A処理場における脱水汚泥についての肥料成分の分析結果は以下のとおり。

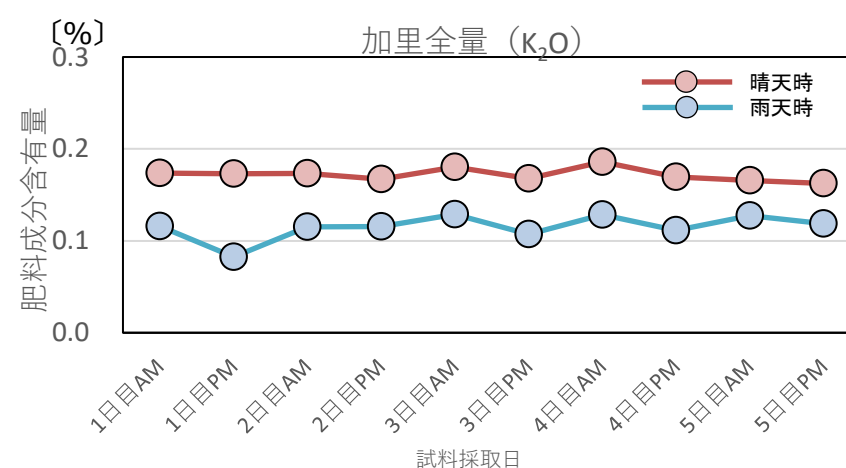
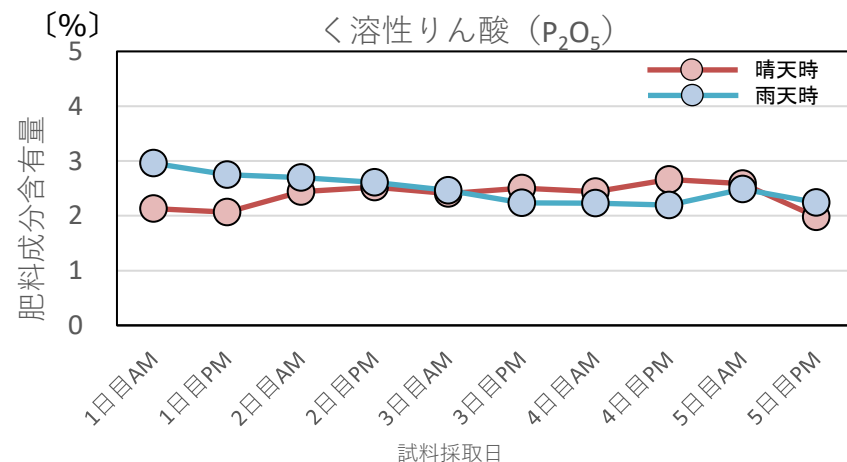
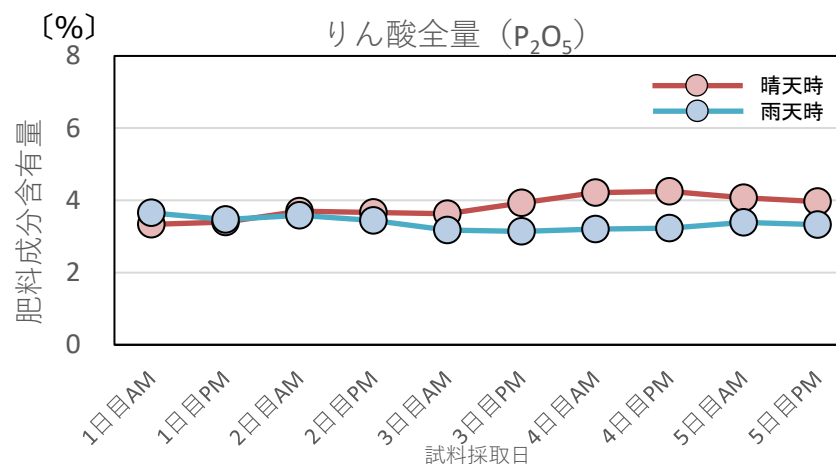
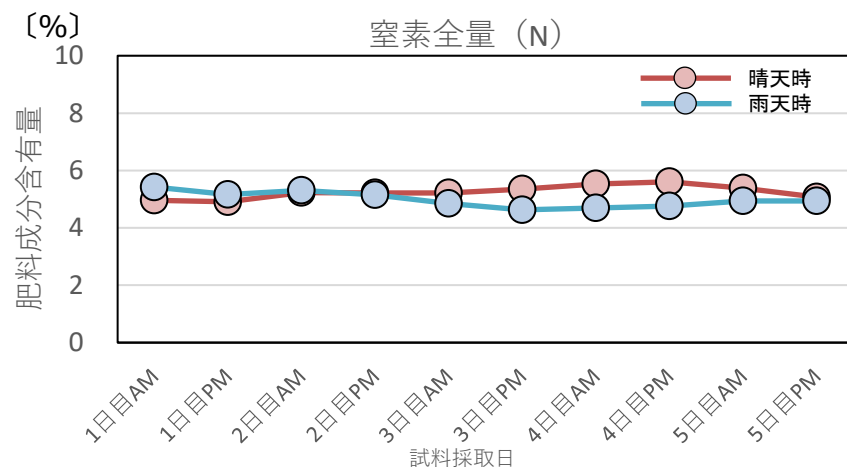


図. A処理場における脱水汚泥の肥料成分含有量 (乾物当たり)

※ 上図が示す肥料成分含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた肥料成分含有量〔現物値〕を乾燥試料中の含有量に換算（乾物換算）している。
換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値}[\%] = \text{試料の分析値（現物値）} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、A処理場：各10検体〔晴・雨天時〕。

【参考4-3】肥料成分含有量(脱水汚泥)

◆ B処理場における脱水汚泥についての肥料成分の分析結果は以下のとおり。

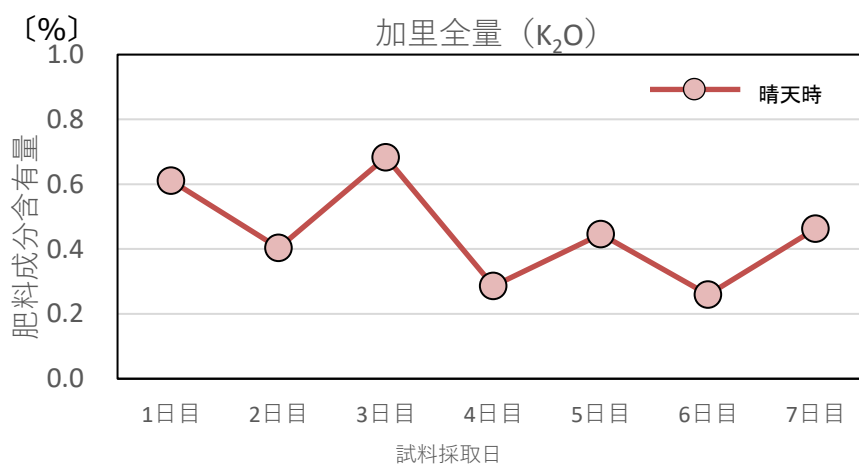
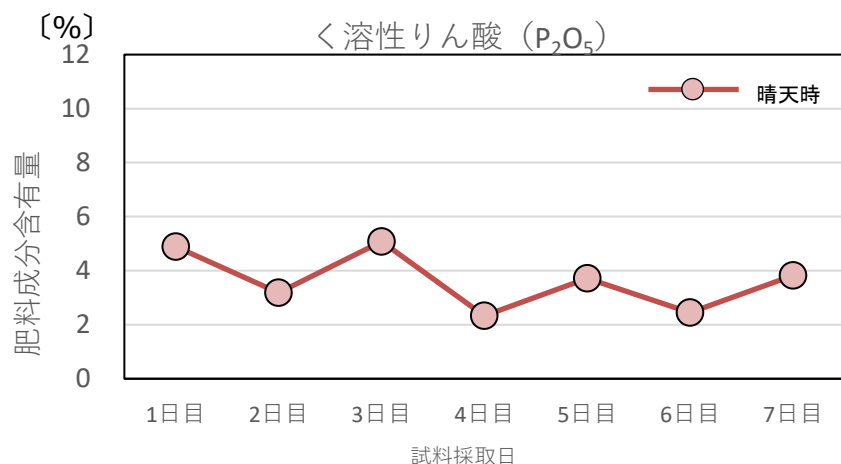
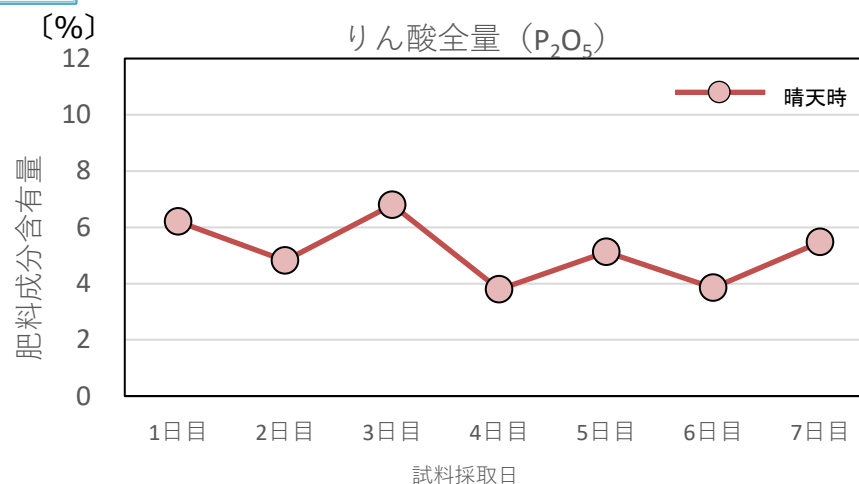
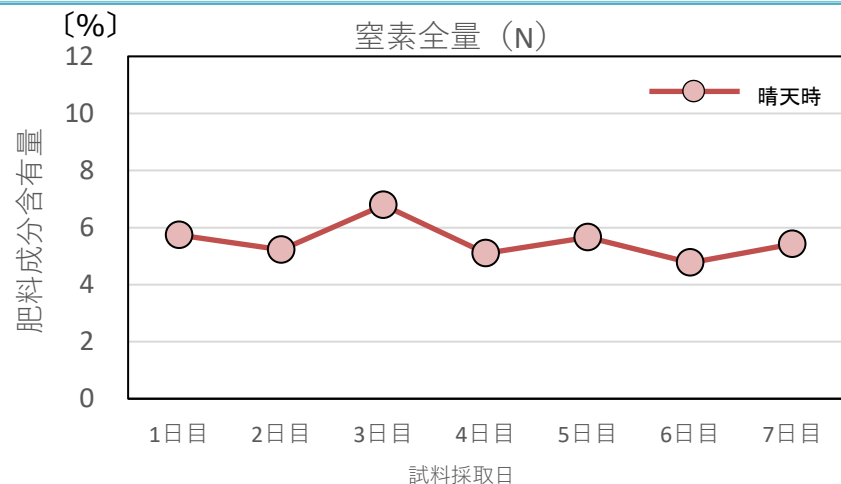


図. B処理場における脱水汚泥の肥料成分含有量 (乾物当たり)

※ 上図が示す肥料成分含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた肥料成分含有量(現物値)を乾燥試料中の含有量に換算(乾物換算)している。
換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値}[\%] = \text{試料の分析値(現物値)} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、7検体。

【参考4-4】 重金属含有量(脱水汚泥)

◆ A処理場における脱水汚泥についての重金属の分析結果は以下のとおり。

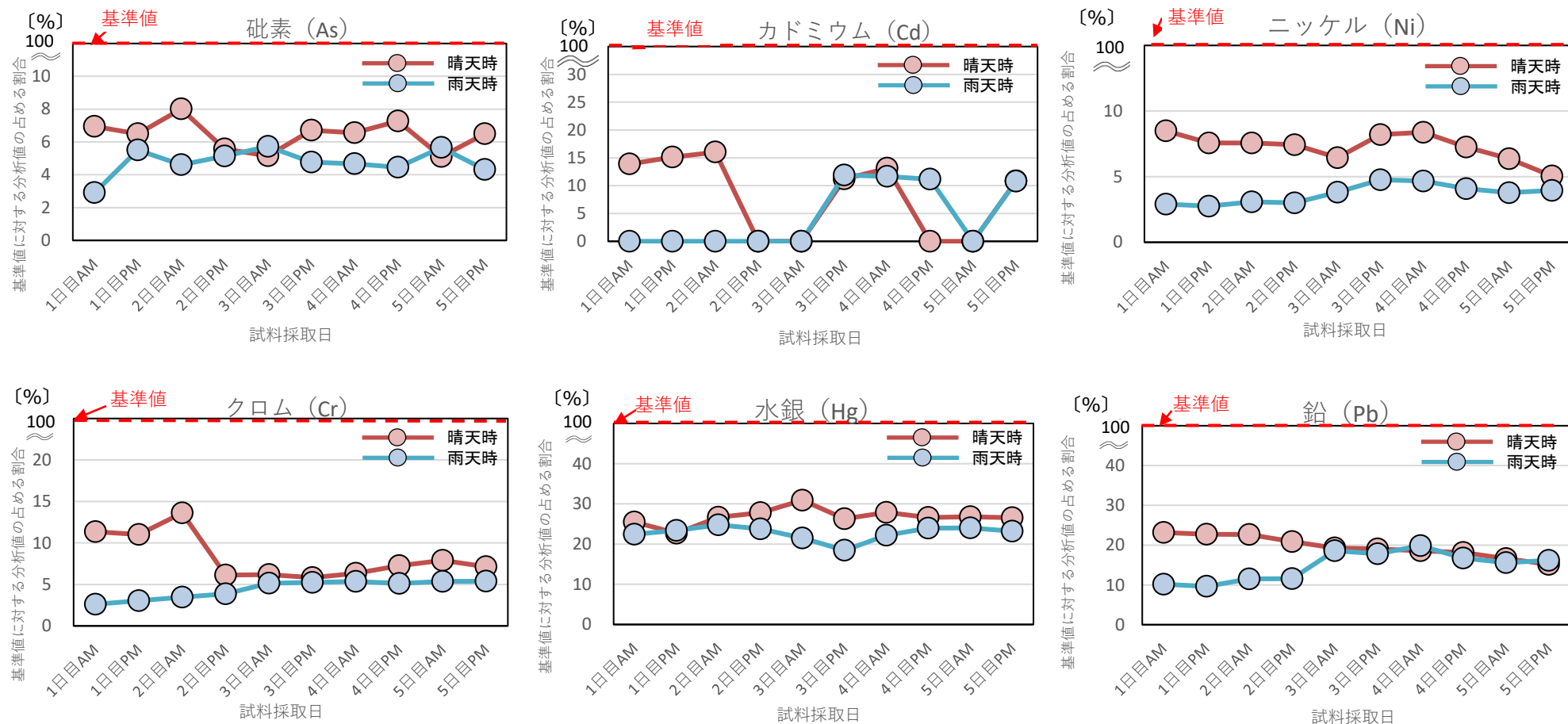


図. A処理場における脱水汚泥の重金属含有量 (乾物当たり)

※ 基準値: 「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。

※ 上図が示す重金属含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量(現物値)を乾燥試料中の含有量に換算(乾物換算)している。

換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値}[\%] = \text{試料の分析値(現物値)} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、各10検体[晴・雨天時]。

● 汚泥肥料中の有害成分(重金属)含有量の基準値(肥料の品質の確保等に関する法律)

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量(%)	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量(mg/kg)	50	5	300	500	2	100

[参考4-5] 重金属含有量(脱水汚泥)

◆ B処理場における脱水汚泥についての重金属の分析結果は以下のとおり。

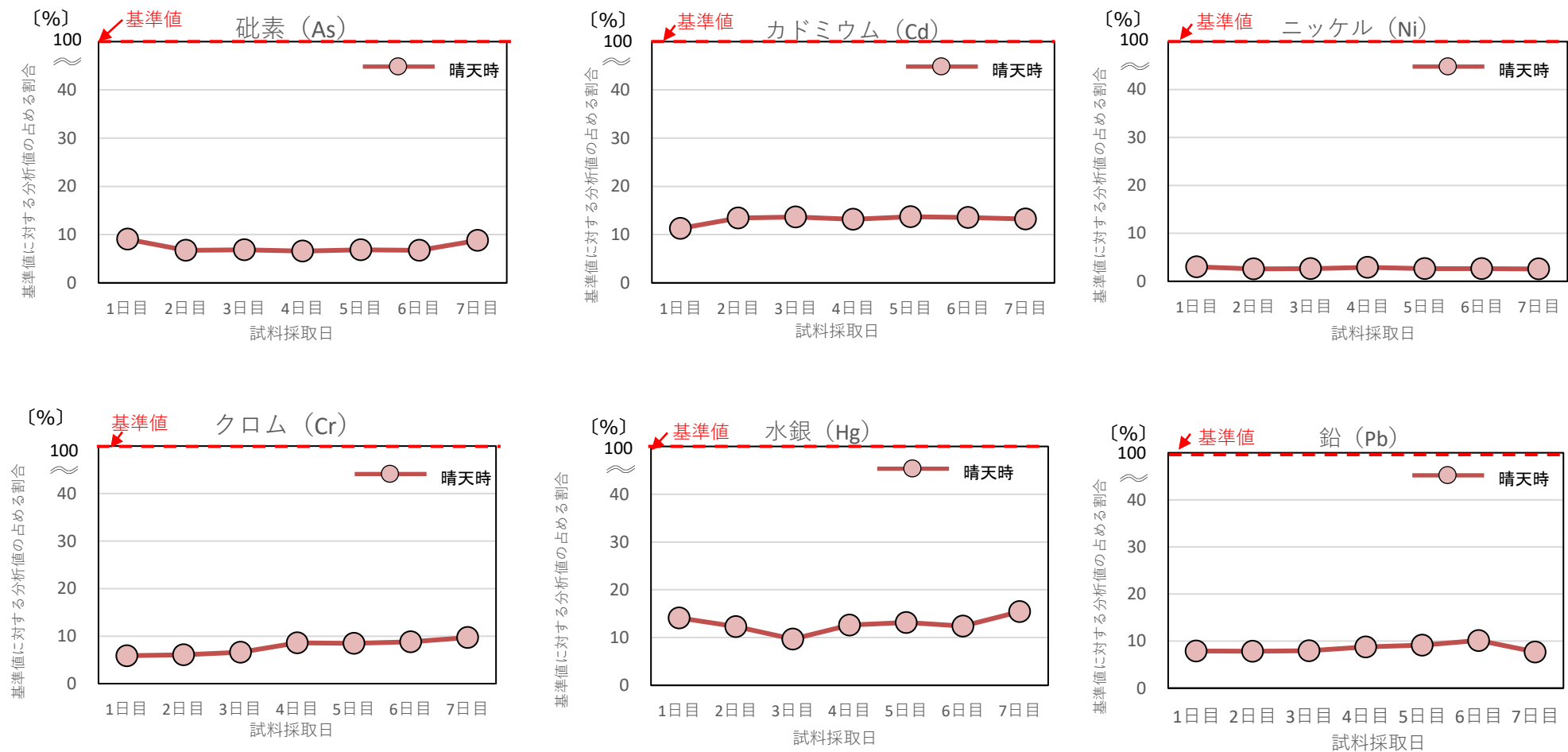


図. B処理場における脱水汚泥の重金属含有量 (乾物当たり)

※ 基準値：「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。

※ 上図が示す重金属含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量〔現物値〕を乾燥試料中の含有量に換算（乾物換算）している。

換算式は以下のとおり。

乾物当たりの分析値[%] = 試料の分析値（現物値） × 100 / [100 - 試料の水分含有率（%）]

※ 検体数については7検体。

● 汚泥肥料中の有害成分（重金属）含有量の基準値（肥料の品質の確保等に関する法律）

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量（%）	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量（mg/kg）	50	5	300	500	2	100

【参考4-6】 肥料成分含有量(燃烧灰)

◆ A処理場における燃烧灰についての肥料成分の分析結果は以下のとおり。

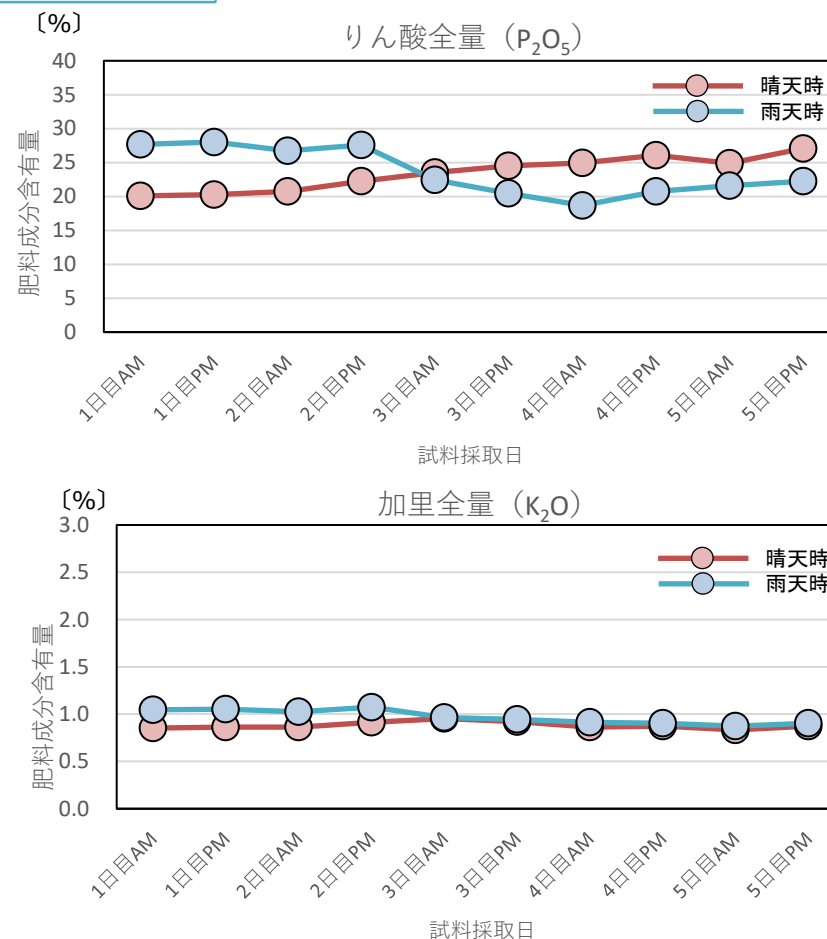
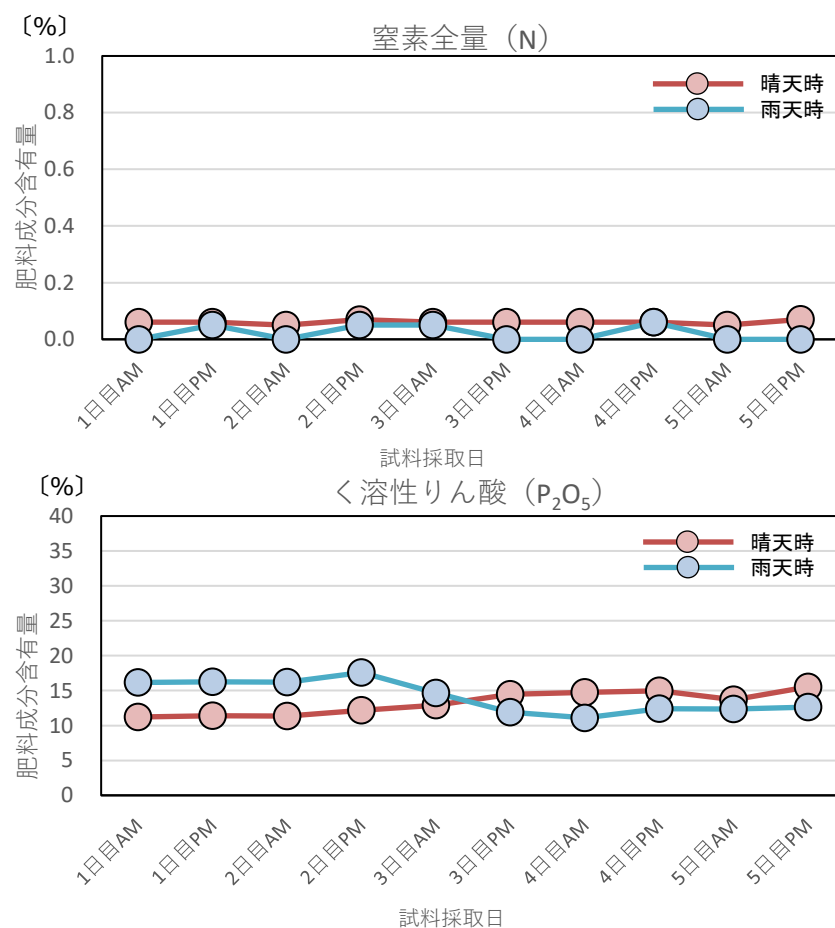


図. A処理場における燃烧灰の肥料成分含有量 (乾物当たり)

※ 上図が示す肥料成分含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた肥料成分含有量〔現物値〕を乾燥試料中の含有量に換算（乾物換算）している。
換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値}[\%] = \text{試料の分析値（現物値）} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、各10検体〔晴・雨天時〕。

【参考4-7】 肥料成分含有量(燃烧灰)

◆ B処理場における燃烧灰についての肥料成分の分析結果は以下のとおり。

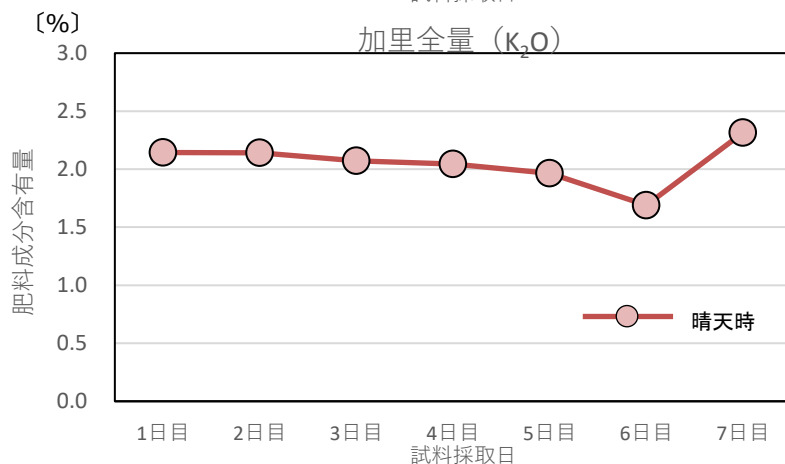
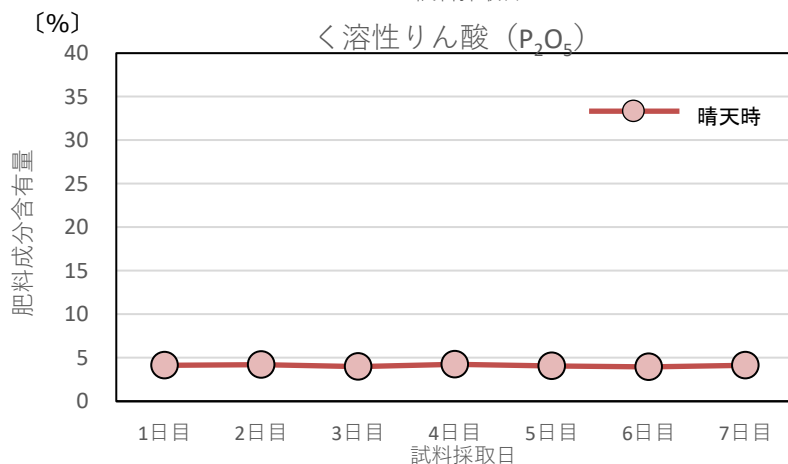
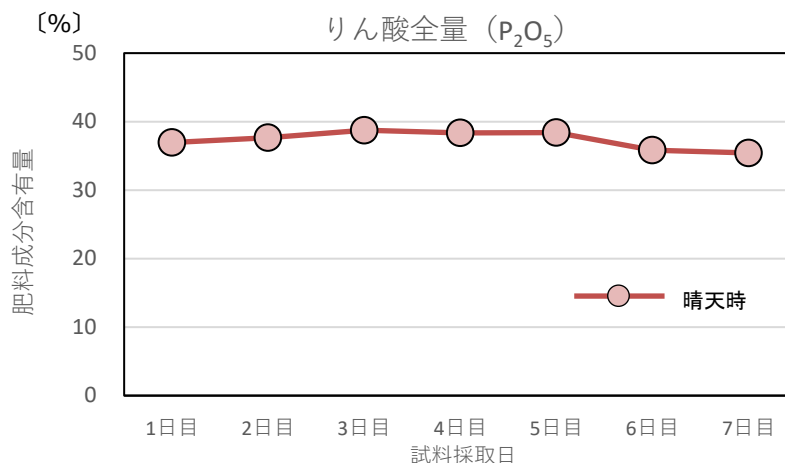
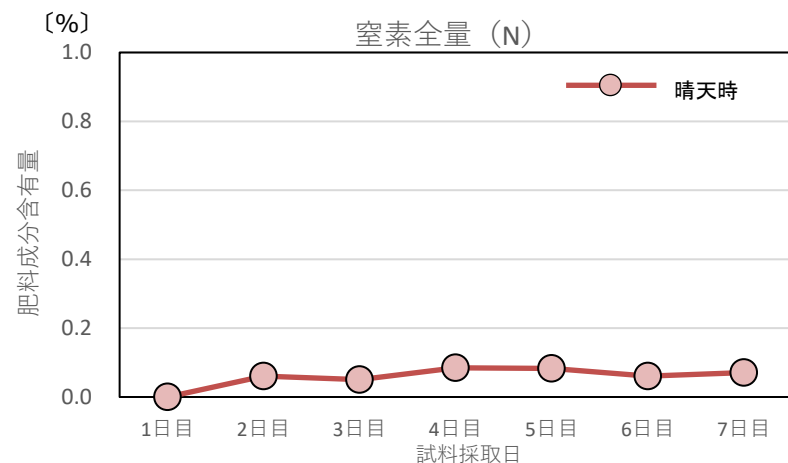


図. B処理場における燃烧灰の肥料成分含有量 (乾物当たり)

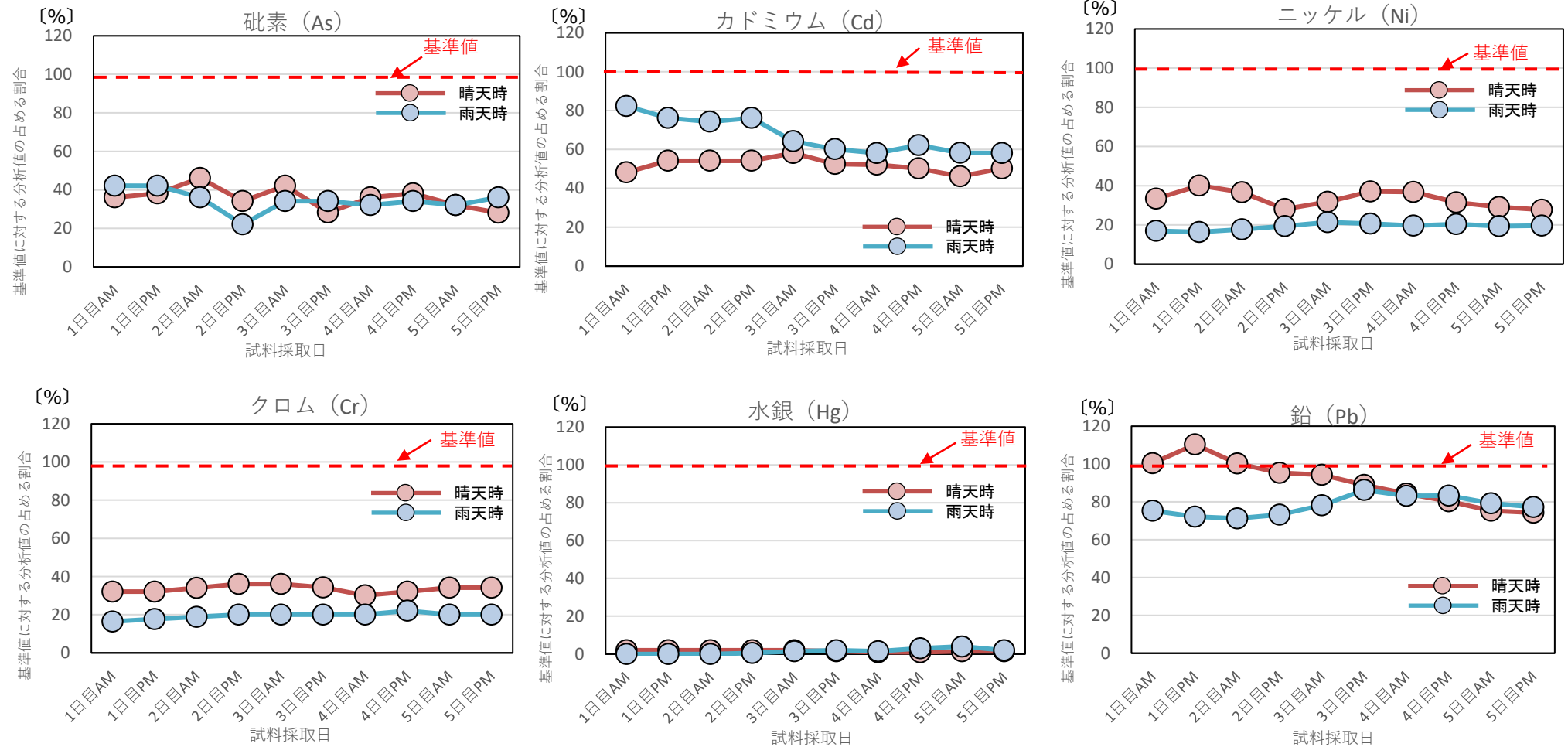
※ 上図が示す肥料成分含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた肥料成分含有量〔現物値〕を乾燥試料中の含有量に換算（乾物換算）している。
換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値}[\%] = \text{試料の分析値（現物値）} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、7検体。

【参考4-8】 重金属含有量(燃烧灰)

◆ A処理場における燃烧灰についての重金属の分析結果は以下のとおり。



※ 基準値：「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。

※ 上図が示す重金属含有量〔%〕については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量〔現物値〕を乾燥試料中の含有量に換算（乾物換算）している。

換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値〔\%〕} = \text{試料の分析値〔現物値〕} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率（\%）}]$$

※ 検体数については、各10検体〔晴・雨天時〕。

● 汚泥肥料中の有害成分（重金属）含有量の基準値（肥料の品質の確保等に関する法律）

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量（%）	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量（mg/kg）	50	5	300	500	2	100

【参考4-9】 重金属含有量(燃烧灰)

◆ B処理場における燃烧灰についての重金属の分析結果は以下のとおり。

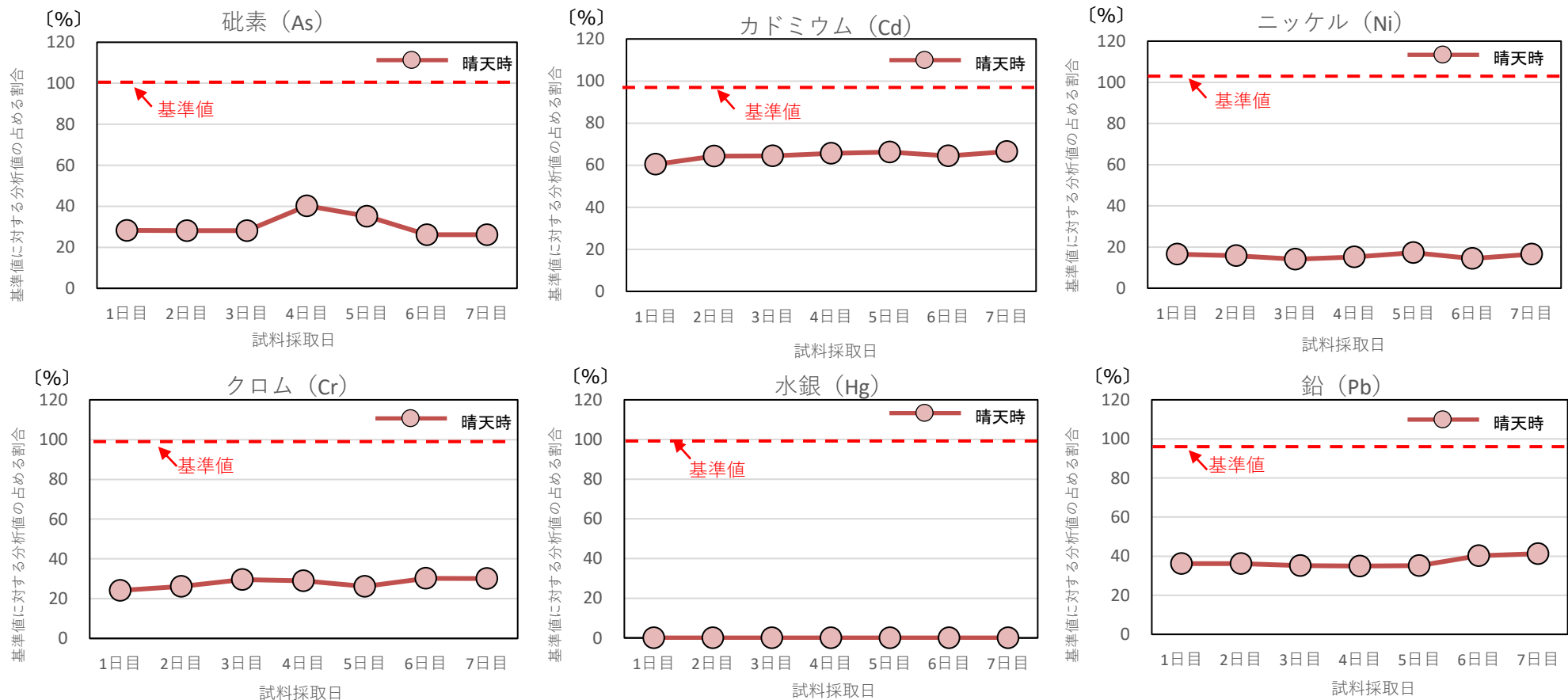


図. B処理場における燃烧灰の重金属含有量 (乾物当たり)

※ 基準値: 「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。

※ 上図が示す重金属含有量[%]については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量[現物値]を乾燥試料中の含有量に換算(乾物換算)している。

換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値}(\%) = \text{試料の分析値(現物値)} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率}(\%)]$$

※ 検体数については、7検体。

● 汚泥肥料中の有害成分(重金属)含有量の基準値(肥料の品質の確保等に関する法律)

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量(%)	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量(mg/kg)	50	5	300	500	2	100

[参考5-1] 微量成分等の目的・概要・分析手法

目的・概要

- ◆ 植物の生育に欠かせない微量元素（栄養成分）についての含有量を確認することを目的とした。

分析手法

- ◆ 下水汚泥の肥料化を検討する地方公共団体のうち、4 処理場の協力を得て、右表のとおり、肥料微量成分について、成分分析を実施した。
- ◆ 分析用試料は各地方公共団体にて分析可能な汚泥性状となるまで乾燥処理を実施した。

下水汚泥の重金属・肥料成分の成分分析調査概要			
種別		脱水汚泥等	燃焼灰
調査処理場数		4処理場（流動床炉）	
分析対象		☐ 脱水汚泥	☐ 燃焼灰
採取頻度※1		☐ 肥料等試験法：年4回	☐ 肥料等試験法：年4回
分析方法		「肥料等試験法（2023）」 ※ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター（FAMIC）	
分析項目	微量成分	☐ 可溶性苦土、 ☐ 可溶性けい酸、 ☐ 可溶性硫黄、 ☐ 水溶性鉄、 ☐ 可溶性マンガ、 ☐ く溶性ほう素、 ☐ 水溶性亜鉛、 ☐ 水溶性銅、 ☐ 水溶性モリブデン、 ☐ 尿素性窒素、 ☐ 腐植酸（酸不溶アルカリ可溶分）	☐ 可溶性苦土、 ☐ 可溶性けい酸、 ☐ 水溶性鉄、 ☐ 可溶性マンガ、 ☐ く溶性ほう素、 ☐ 水溶性亜鉛、 ☐ 水溶性銅、 ☐ 水溶性モリブデン

※1 サンプルの採取時期は、春：令和6年5月21日～6月12日
夏：令和6年7月1日～30日／8月13日～26日
秋：令和6年10月1日～31日
冬：令和6年11月1日～12月4日

〔参考5-2〕 微量成分等

◆ 脱水汚泥、燃焼灰についての微量成分の分析結果は以下のとおり。

項目		脱水汚泥	燃焼灰
可溶性苦土	%	0.29 ～ 0.74	3.15 ～ 4.19
可溶性けい酸	%	分析下限値未満 ～ 0.17	分析下限値未満 ～ 1.45
水溶性鉄	%	0.0033 ～ 0.0104	分析下限値未満 ～ 0.010
可溶性マンガン	%	分析下限値未満 ～ 0.03	0.031 ～ 0.22
く溶性ほう素	%	分析下限値 ～ 0.0047	分析下限値未満 ～ 0.023
水溶性亜鉛	%	分析下限値未満	分析下限値未満 ～ 0.008
水溶性銅	%	分析下限値未満	分析下限値未満
水溶性モリブデン	%	分析下限値未満	分析下限値未満 ～ 0.003
可溶性硫黄	%	分析下限値未満	—
尿素性窒素	%	分析下限値未満	—
腐植酸 (酸不溶アルカリ可溶分)	%	20.29 ～ 44.86	—

【参考6】 肥料等試験法・下水試験法の相関(肥料成分)

目的・概要

- ◆ 脱水汚泥等の肥料成分（3項目；窒素全量、りん酸全量、加里全量）について、肥料等試験法と下水試験法による分析結果の相関を確認する。

分析手法

- ◆ 33の調査処理場を対象に春および秋シーズンに限定し、肥料等試験法と下水試験法の両試験法による成分分析を実施し、相関を確認した。

結果

- ◆ 脱水汚泥等中の肥料成分含有量における両試験方法（肥料等試験法／下水試験法）での相関関係は以下のとおり。
 - ・窒素全量について、決定係数0.82と相関性が確認された。
 - ・りん酸全量について、決定係数0.89と相関性が確認された。
 - ・加里全量について、決定係数0.75と相関性が確認された。
- りん酸全量においては、実測値のほとんどが回帰線周辺に集まっており、強い相関が示された。

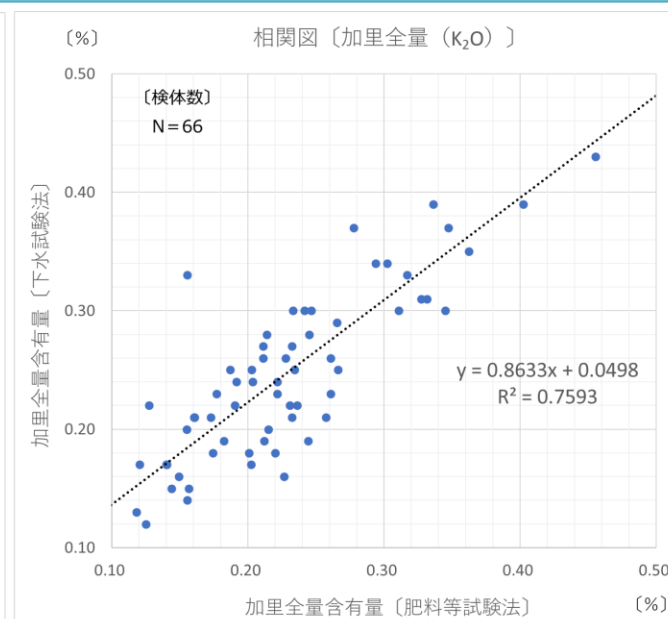
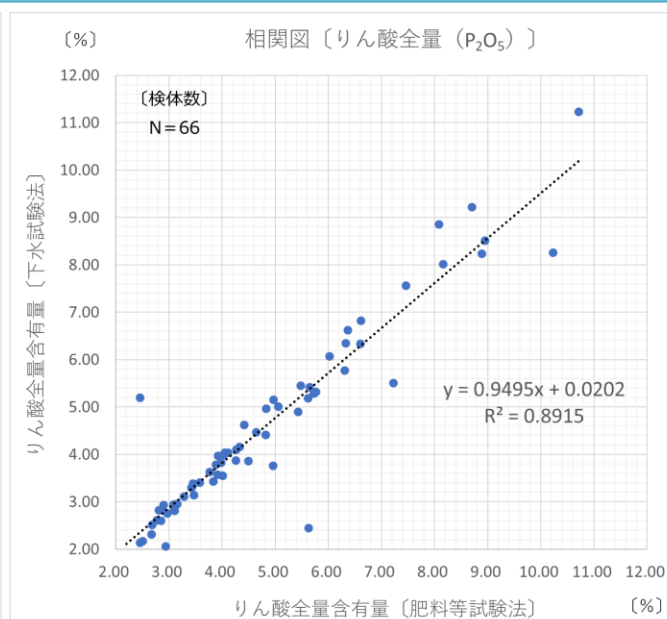
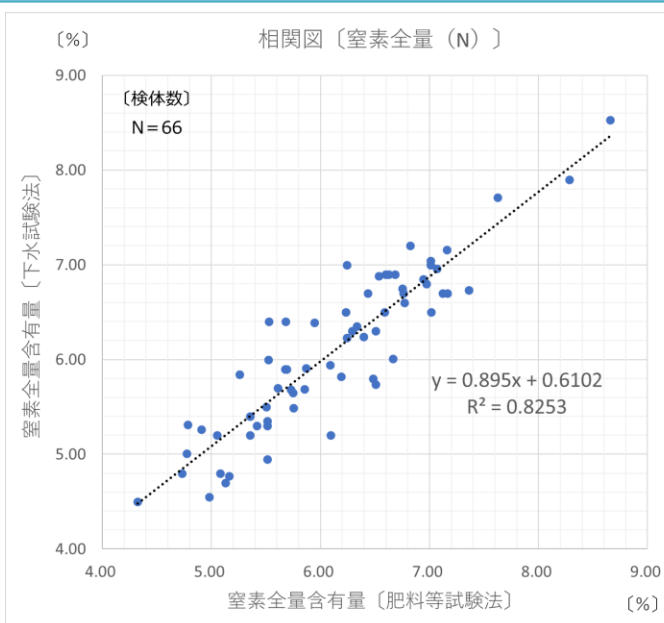


図. 肥料等試験法・下水試験法の相関 (乾物当たり)

〔参考7-1〕 調査対象処理場について(脱水汚泥等)

◆ 全国の下水处理場と脱水汚泥等の成分分析調査の対象となった下水处理場について、処理規模ごとの分布は以下のとおり。

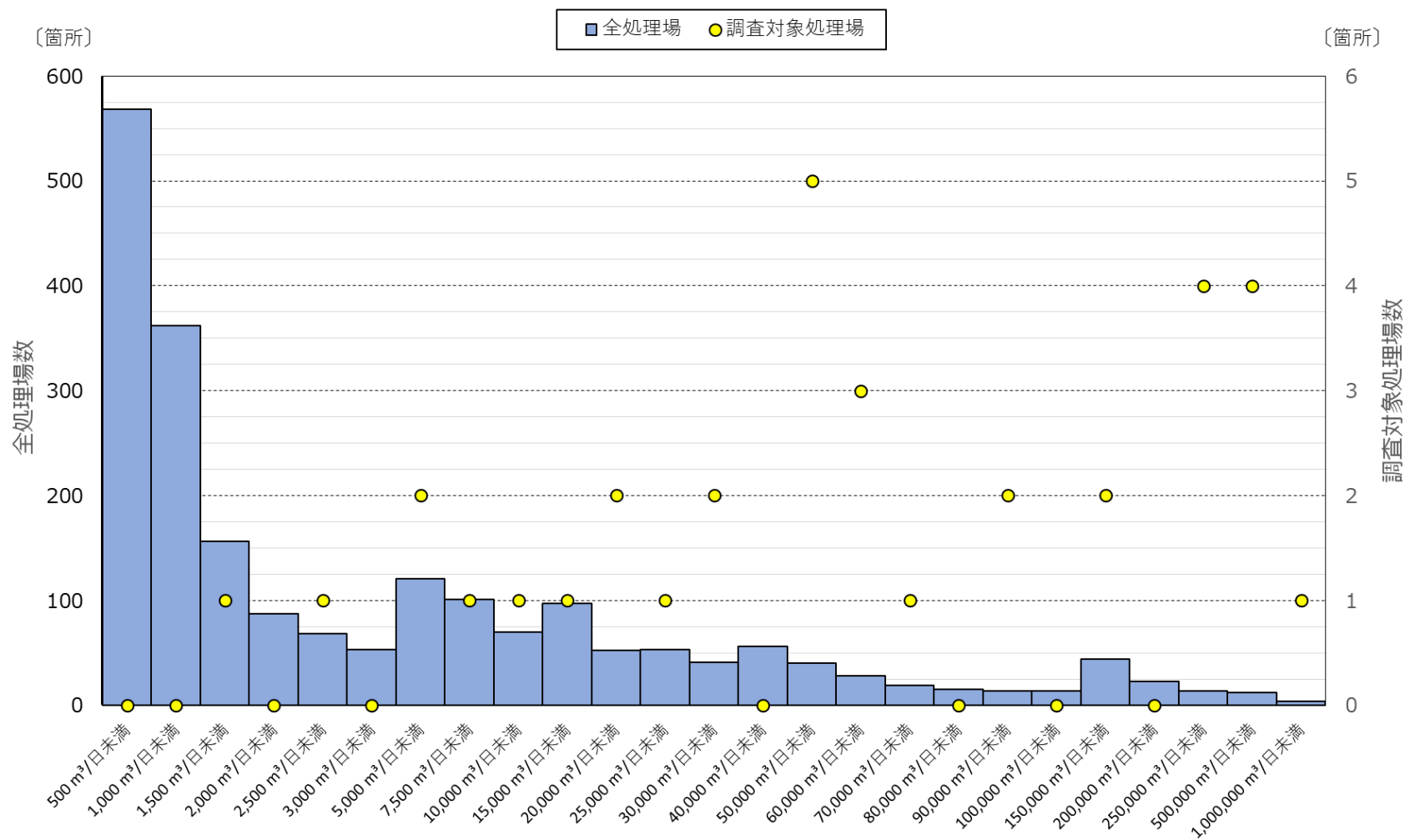


図 処理規模（晴天時日平均下水量）別の処理場数

※ 処理規模は、下水处理場への晴天時平均下水量を使用

※ 全処理場数は「R3年度下水道統計」（日本下水道協会）より参照した2112処理場。対象施設は脱水汚泥等の成分分析の対象となった34処理場

〔参考7-2〕 調査対象処理場について(燃烧灰)

◆ 全国の下水処理場と下水汚泥燃烧灰の成分分析調査の対象となった下水処理場について、処理規模ごとの分布は以下のとおり。

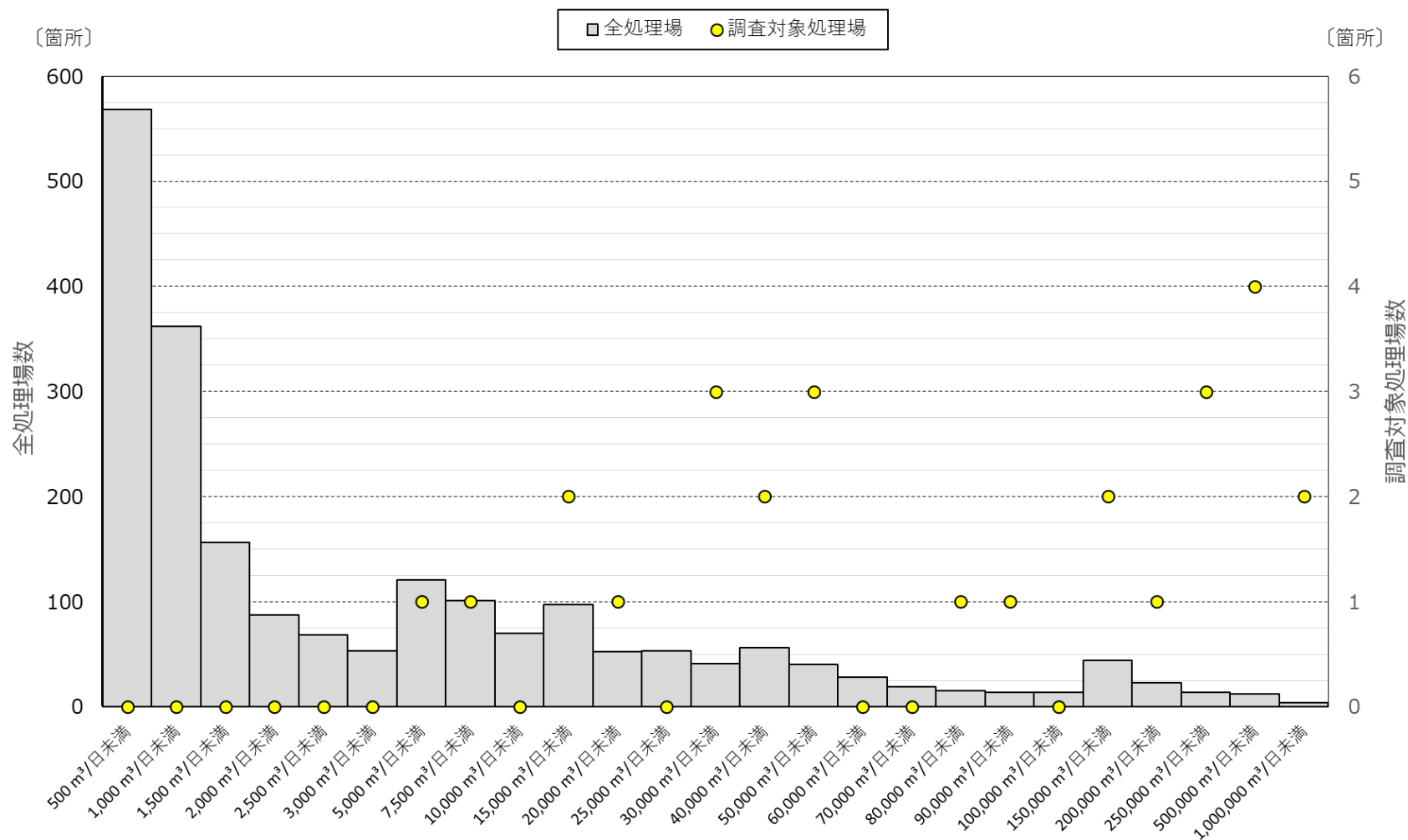


図 処理規模（晴天時日平均下水量）別の処理場数

※ 処理規模は、下水処理場への晴天時平均下水量を使用。

※ 全処理場数は「R3年度下水道統計」（日本下水道協会）より参照した2112処理場。対象施設は燃烧灰の成分分析の対象となった27処理場。