

村田町竹の内地区産業廃棄物最終処分場における 地下水位上昇時のモニタリング結果について

1 はじめに

第 32 回評価委員会において、田村委員より、大雨で観測井戸の地下水位が変動した際の水質調査の結果への影響について解析したほうが良いとの御意見をいただいたことから、観測井戸の地下水位と発生ガス等調査項目との関連性について、以下の 2 つの視点から確認を行った。

(1) 地下水位の上昇に伴う好氣的・嫌氣的環境の変化

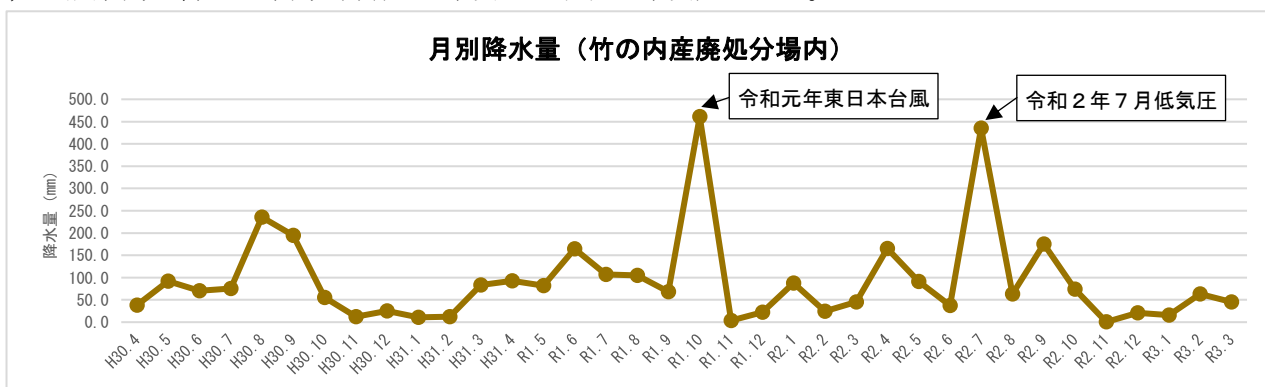
観測井戸の地下水位が変動している場合、処分場内の廃棄物層における好氣的あるいは嫌氣的な環境が変化していると考えられることから、各種モニタリング結果にどのような影響が出ているか確認した。

(2) 地下水の流入に伴う浸透水の下流側への影響

処分場内の浸透水は、地下水位の標高の高い地点から低い地点へと流れていると考えられるが、処分場内外の下流側の観測井戸のモニタリング結果にどのような影響が出ているか確認した。

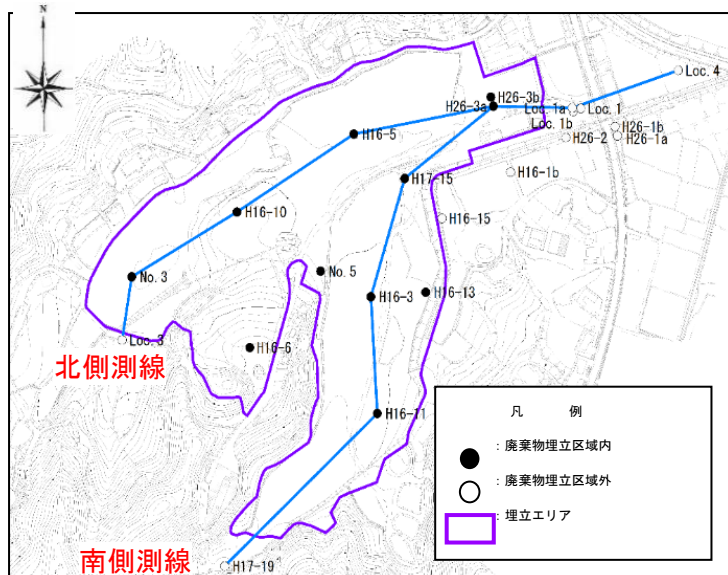
2 確認期間

最近では、令和元年東日本台風及び令和 2 年 7 月の低気圧による降雨時に処分場が冠水していることから、当該期間を含む 3 年間（平成 30 年度から令和 2 年度）とした。



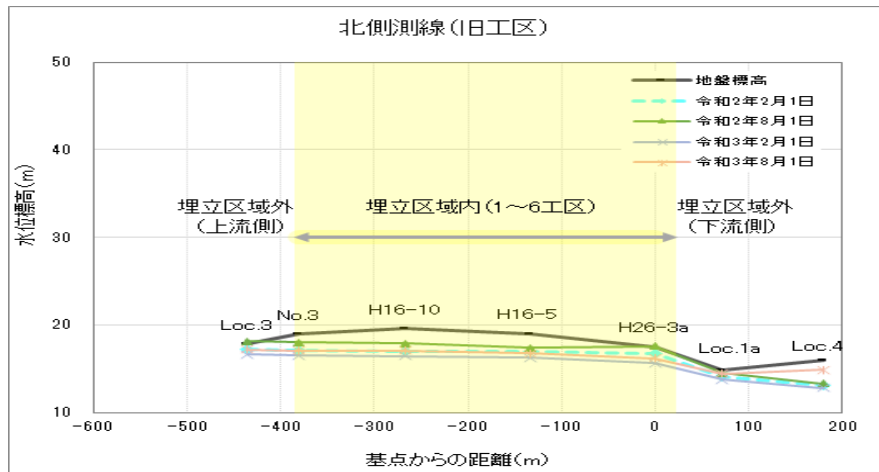
3 水質調査地点の概要

(1) 水質調査地点

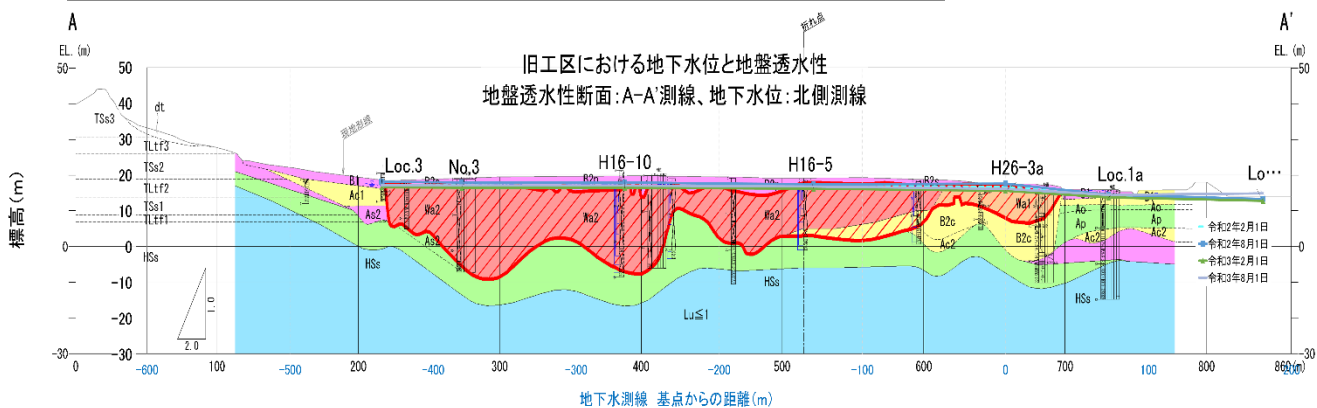


(2) 各観測井戸における地盤標高・水位標高及び地盤透水性

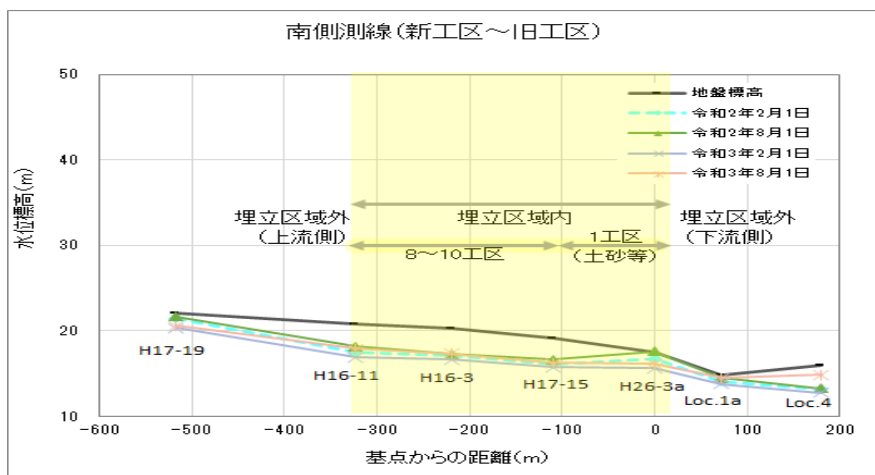
<北側測線（上流側 → 下流側）>



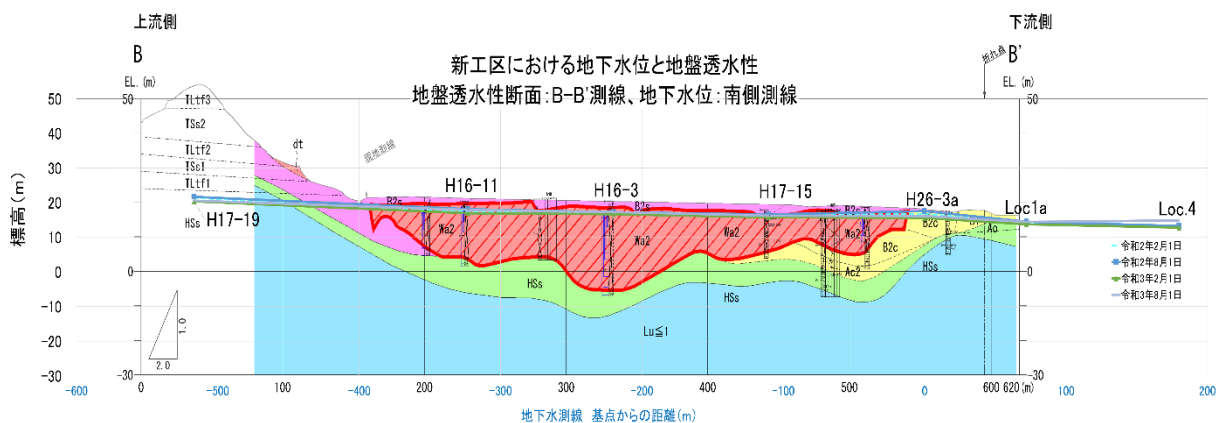
ルジオン値 ($l/min\cdot m$)	透水性係数 (cm/sec)
Red	$1.0 \times 10^{-3} \sim$
Pink	$2.6 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-3}$
Orange	$1.3 \times 10^{-4} \sim 2.6 \times 10^{-4}$
Yellow	$6.5 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-4}$
Light Green	$1.3 \times 10^{-5} \sim 6.5 \times 10^{-5}$
Light Blue	$\sim 1.3 \times 10^{-5}$
Red hatched	廃棄物層



<南側測線（上流側 → 下流側）>



ルジオン値 ($l/min\cdot m$)	透水性係数 (cm/sec)
Red	$1.0 \times 10^{-3} \sim$
Pink	$2.6 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-3}$
Orange	$1.3 \times 10^{-4} \sim 2.6 \times 10^{-4}$
Yellow	$6.5 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-4}$
Light Green	$1.3 \times 10^{-5} \sim 6.5 \times 10^{-5}$
Light Blue	$\sim 1.3 \times 10^{-5}$
Red hatched	廃棄物層



4 確認結果

(1) 地下水位の上昇に伴う好氣的・嫌氣的環境の変化

イ 観測井戸における雨水の影響

降雨に伴う地下水位の上昇は、観測井戸近傍において雨水が浸透し、又は観測井戸の上流側に浸透した雨水が浸透水として流下して当該観測井戸の水位を押し上げることが要因と考えられる。一般的に、雨水は大気と平衡状態にあり、その水質は溶存酸素量が高く、酸化還元電位は概ね 500mV 以上とされている^{*1,2}。観測井戸における雨水の影響を確認するため、地下水位の変動と酸化還元電位の変動について整理したところ、以下のとおりであった。確認期間中の処分場内の浸透水の酸化還元電位は-75mV ~330mV であることから、雨水の影響を受けて処分場内の浸透水の酸化還元電位が上昇していると考えられる。

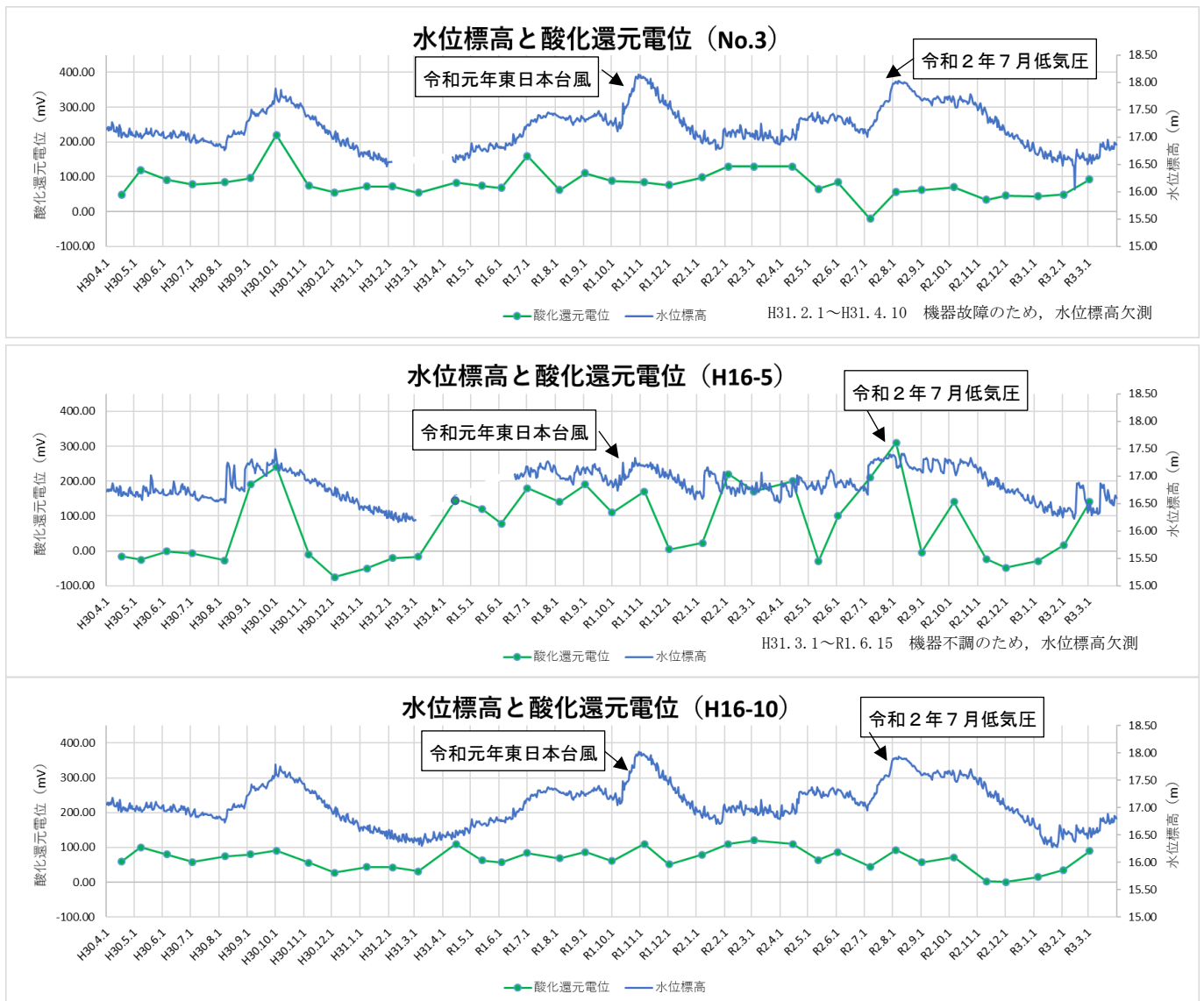
※1 河川水質試験方法（案）（平成 21 年 3 月 国土交通省水質連絡会）

(https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/suishitsu/pdf/s03.pdf)

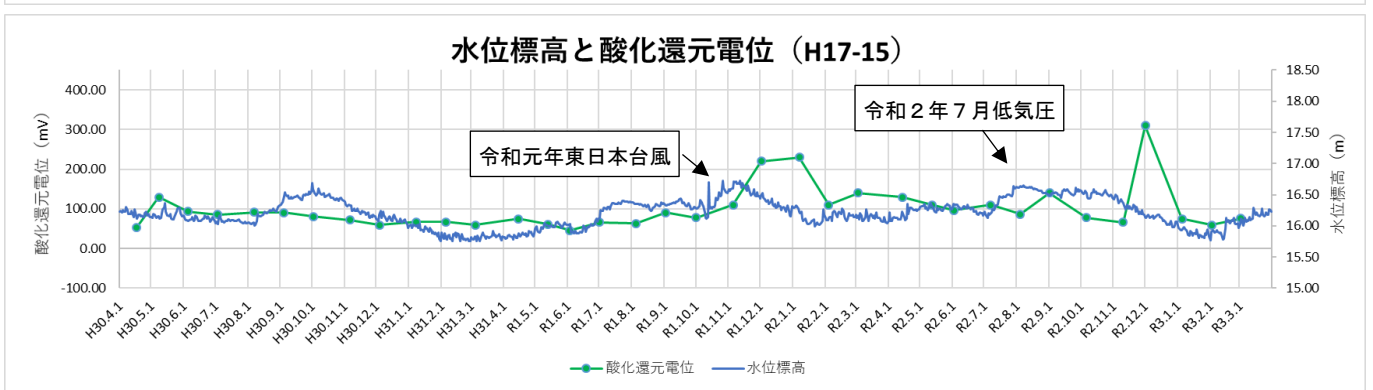
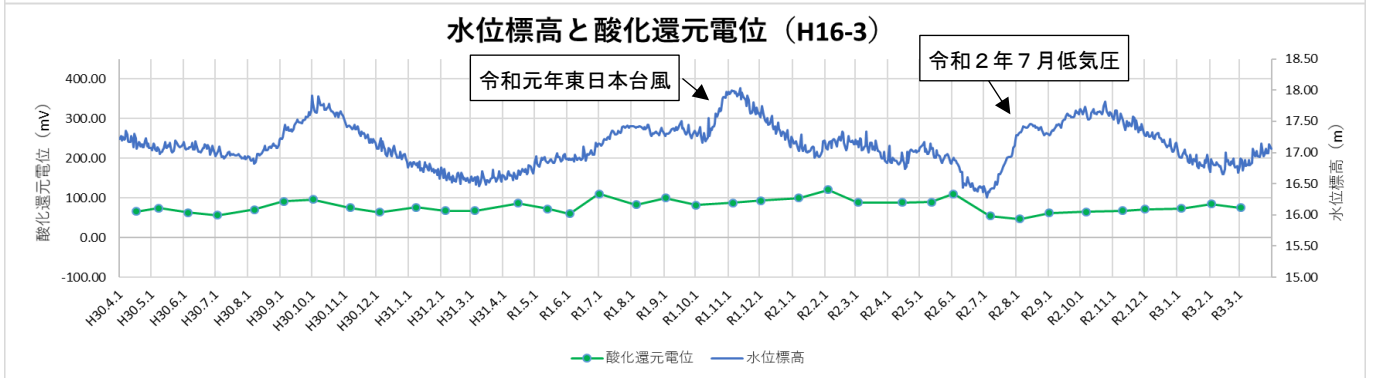
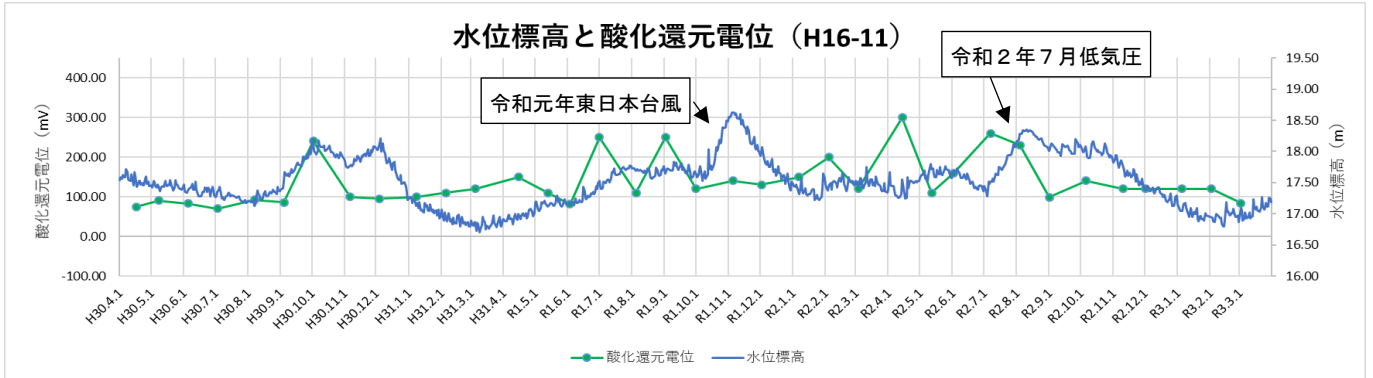
※2 湖水中の物質（平成 24 年 9 月 茨城県霞ヶ浦環境科学センター）

(https://www.pref.ibaraki.jp/soshiki/seikatsukankyo/kasumigauraesc/04_kenkyu/introduction/documents/09.pdf)

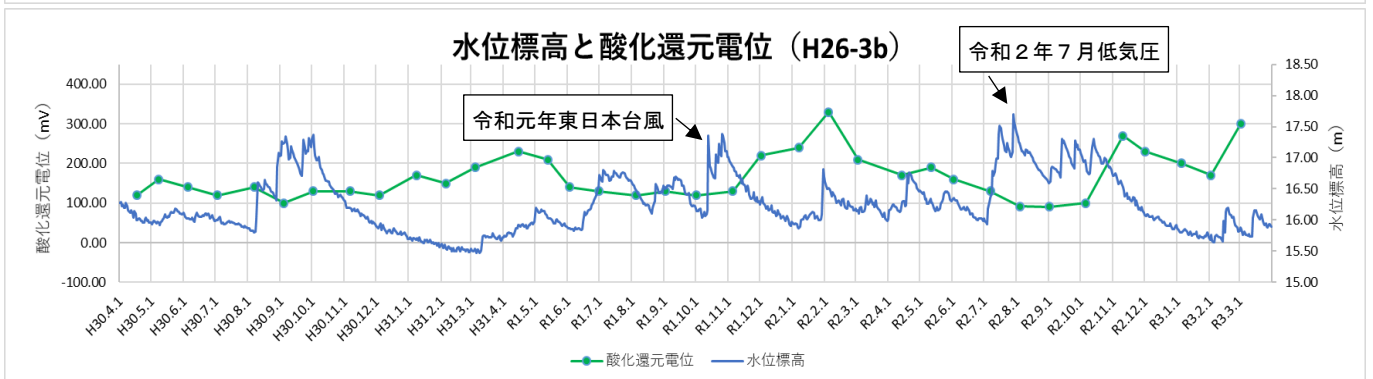
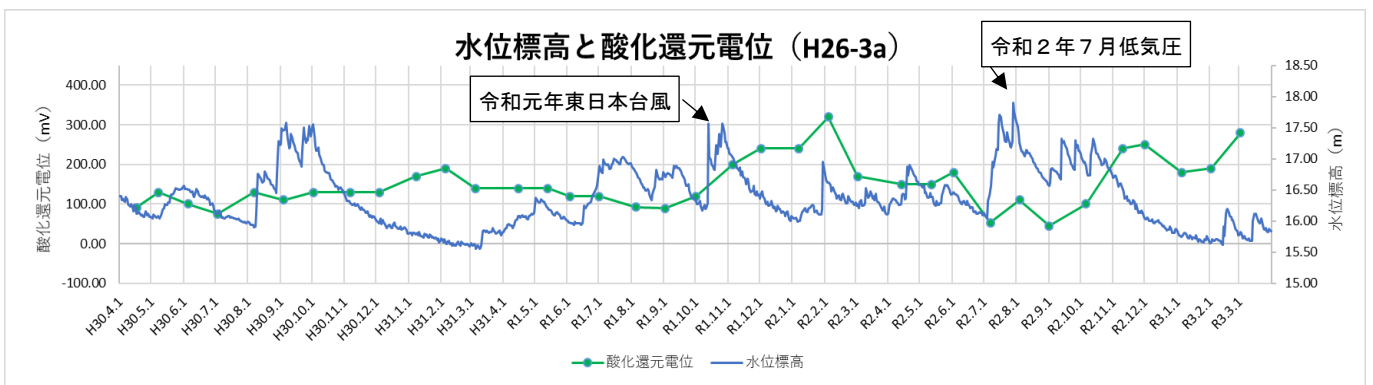
<北側測線（上流側→下流側）>



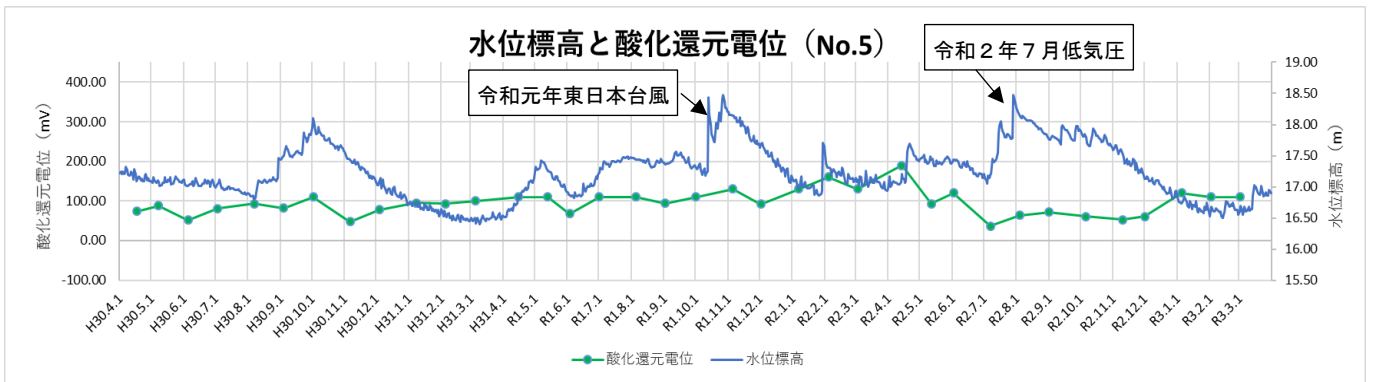
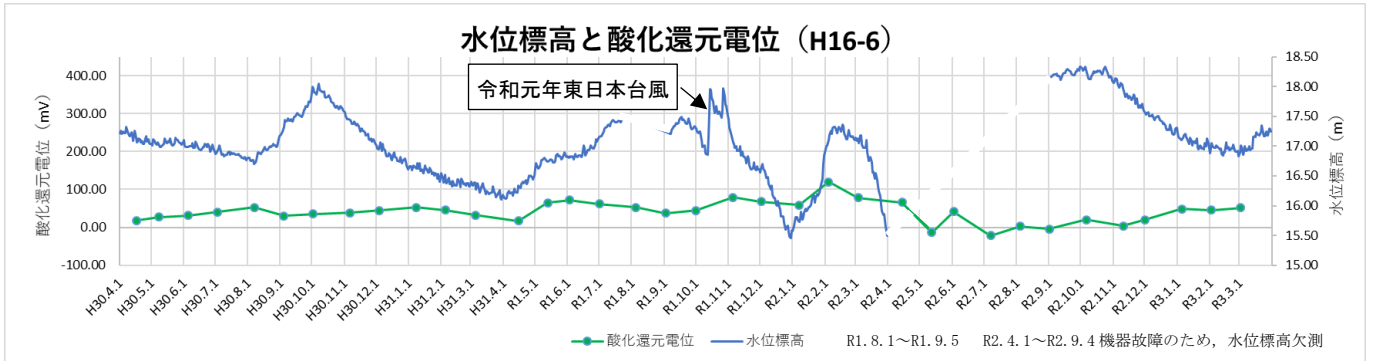
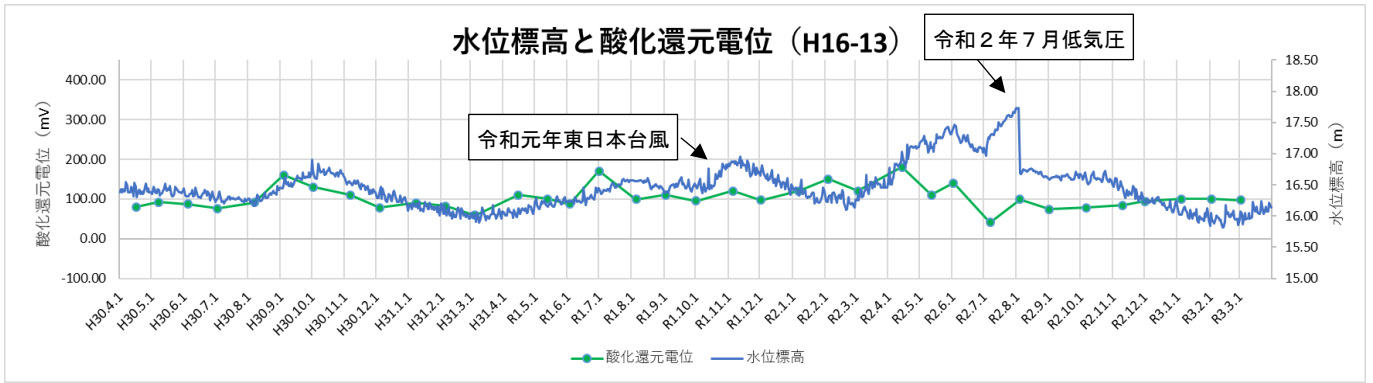
<南側測線（上流側→下流側）>



<北側測線・南側測線共通（下流側）>

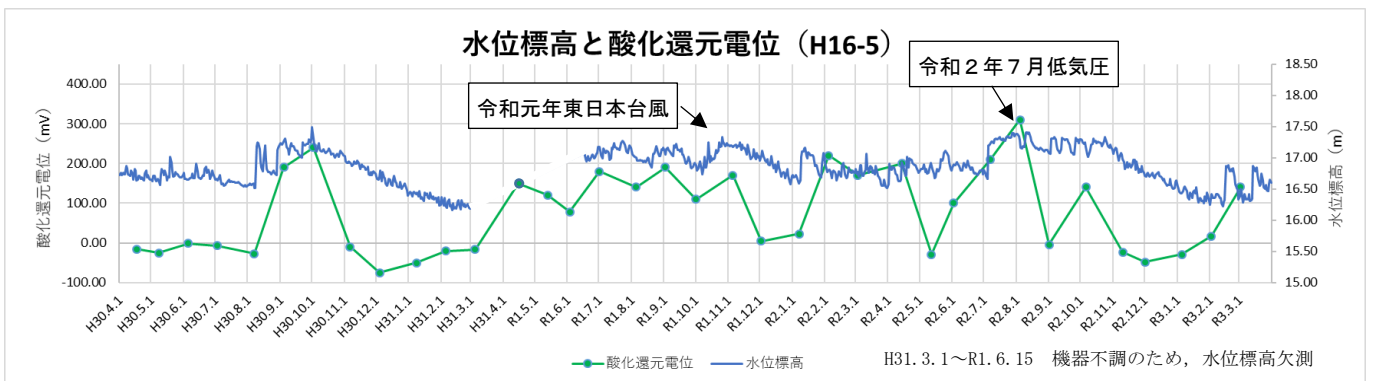


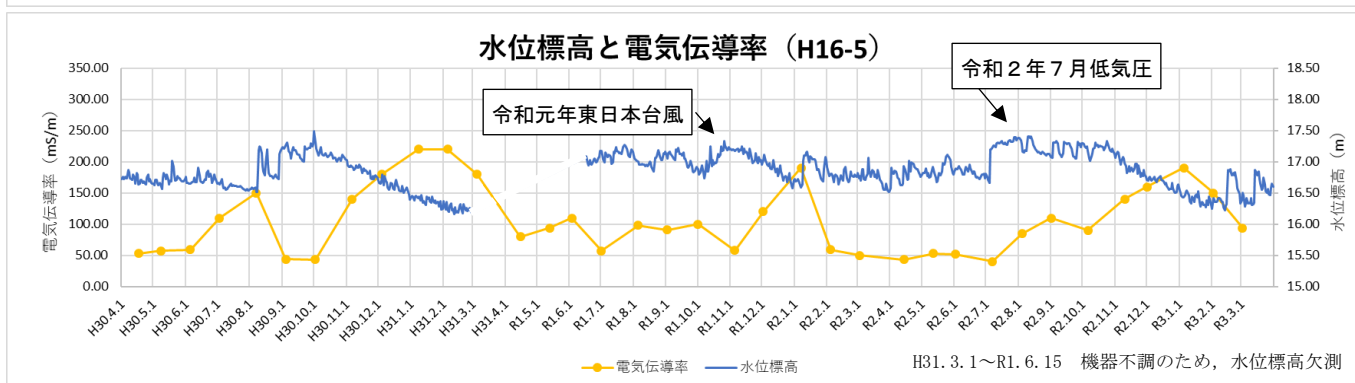
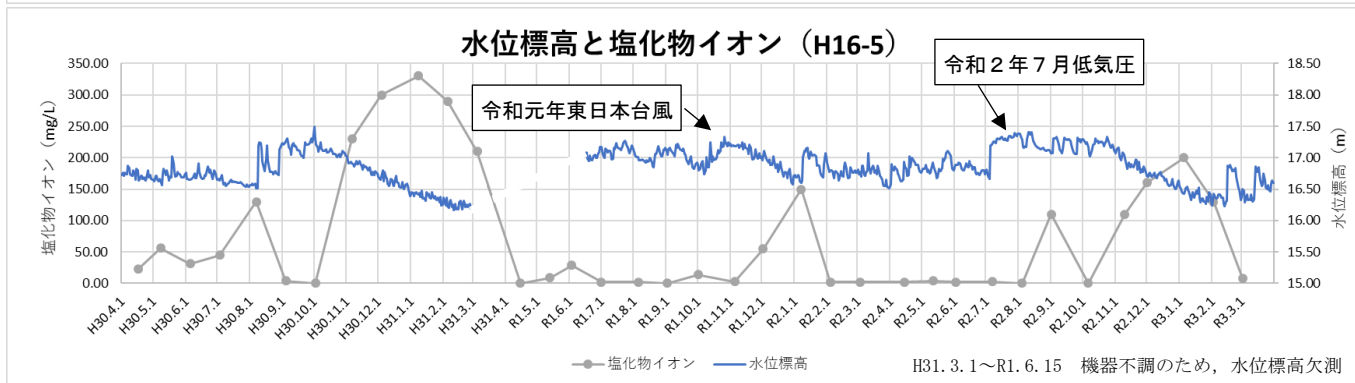
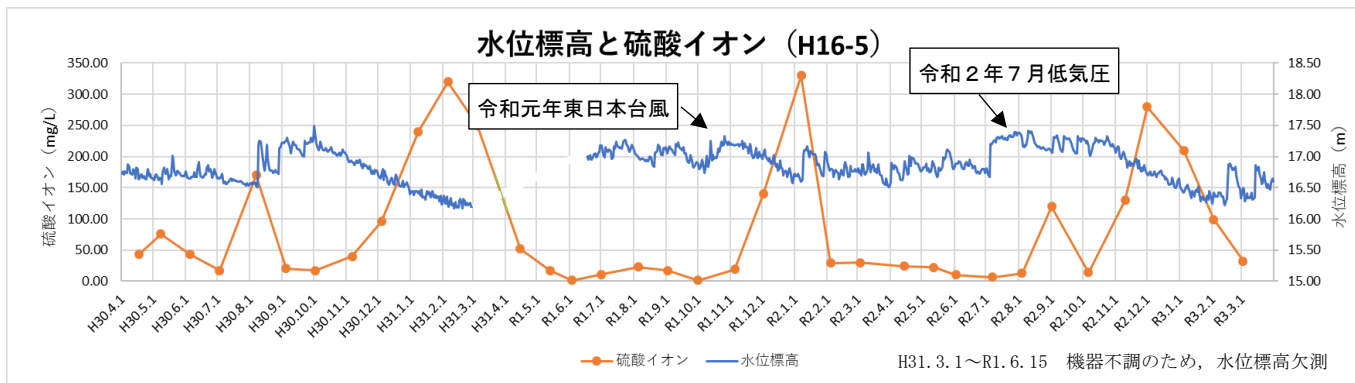
<その他>



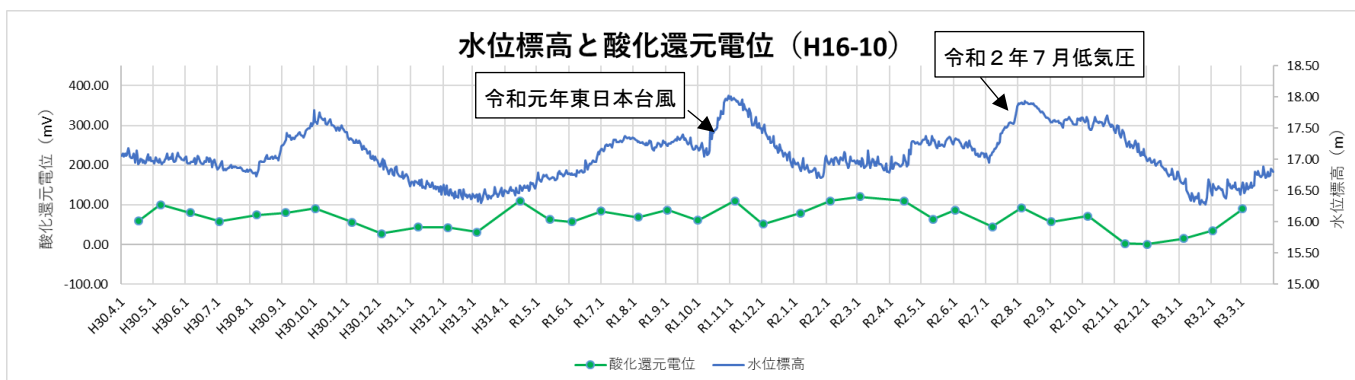
□ 地下水位と浸透水質の変動

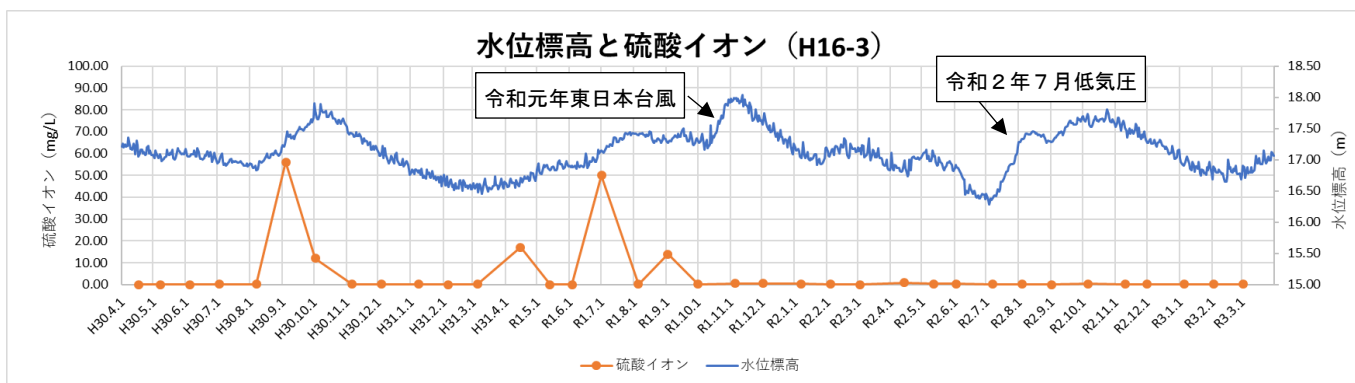
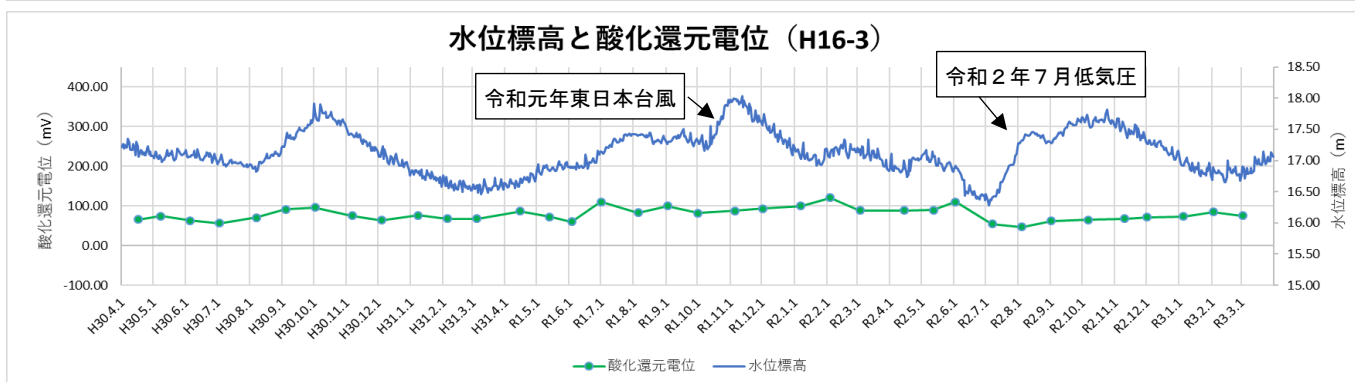
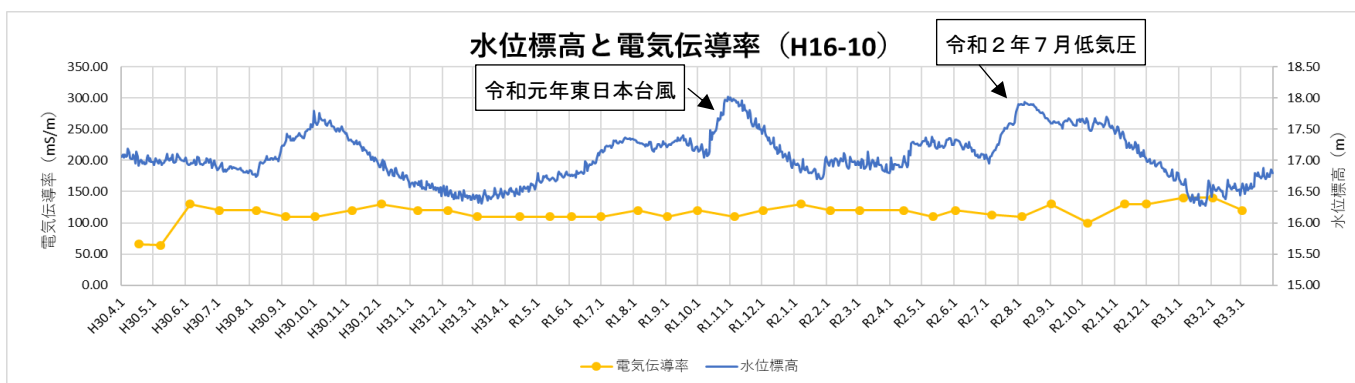
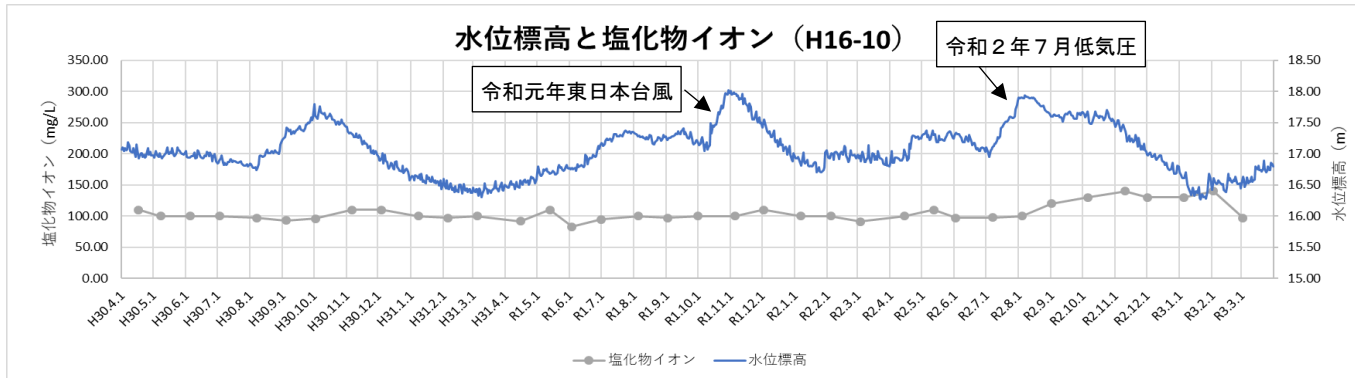
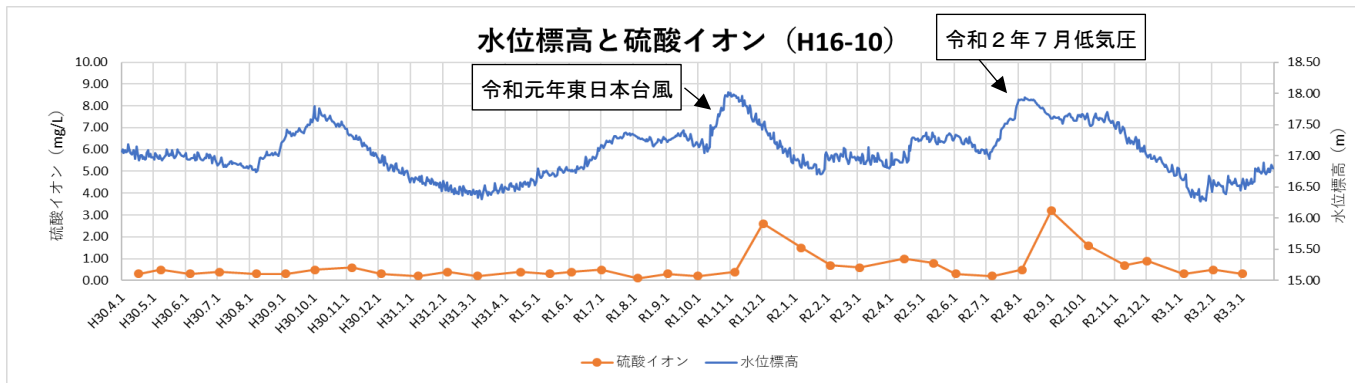
観測井戸のうち、H16-5では、地下水位と酸化還元電位の連動性が良く、降雨量の多い時期は地下水位と酸化還元電位のどちらも上昇する傾向が確認された。当該観測井戸 (H16-5) は、上流側 (H16-10) 及び下流側 (H26-3a) の観測井戸よりも地下水の水位標高が低いことから、雨水が地下に浸透しても下流側へ移動しにくいと考えられ、地下水位及び酸化還元電位ともに雨水の影響を受けやすいと考えられた。また、H16-5では、地下水位の上昇に伴い、硫酸イオン、塩化物イオン濃度及び電気伝導率が減少側に変動しており、雨水の浸透による地下水量の増加に伴い、浸透水が希釈されていると推測された。

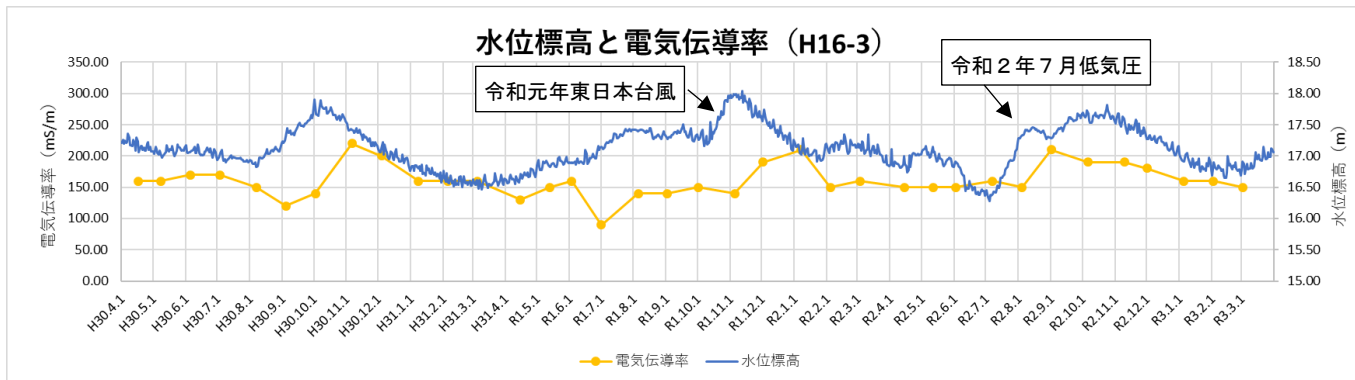
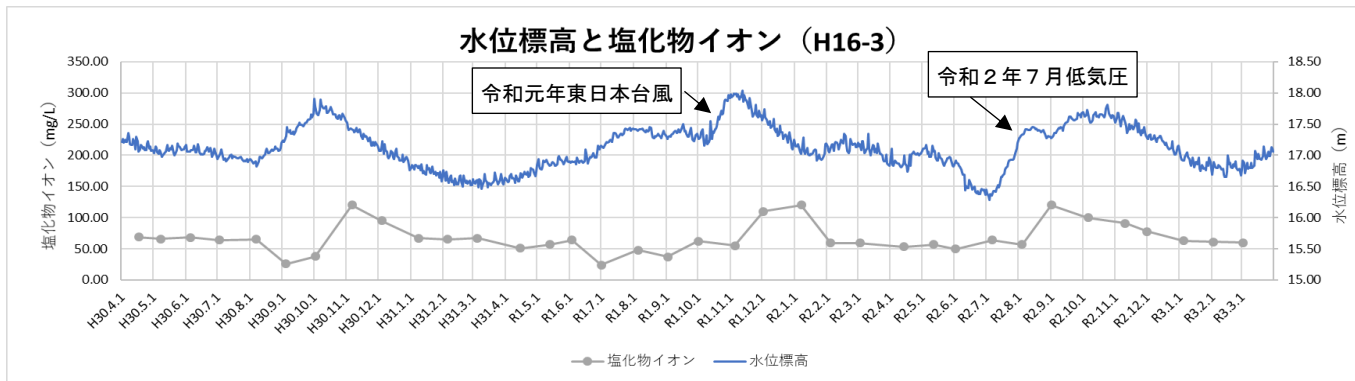




一方、H16-10（北側側線）やH16-3（南側側線）は、地下水位と酸化還元電位の変動に連動性があまり見られず、雨水の影響をほとんど受けていないと考えられる。H16-10やH16-3は、北側側線及び南側側線において地盤標高が高く、地下へ浸透する前に地表面から下流側へ流下していくことや、地下水位が下流側の井戸よりも高い位置にあるため、雨水が当該観測井戸の周辺に浸透しても下流側に移動しやすいと思われることなどから、地下水位の変動に対し、酸化還元電位の変動は雨水の影響をそれほど受けていないと考えられる。また、これらの地点では、硫酸イオン濃度、塩化物イオン濃度及び電気伝導率の変動もほとんど見られないことから、雨水による希釈効果はほとんどないと考えられ、地下水位の上昇は、上流側に浸透した雨水により、浸透水が押し出されて上流側から流入してきた可能性が高いと考えられる。







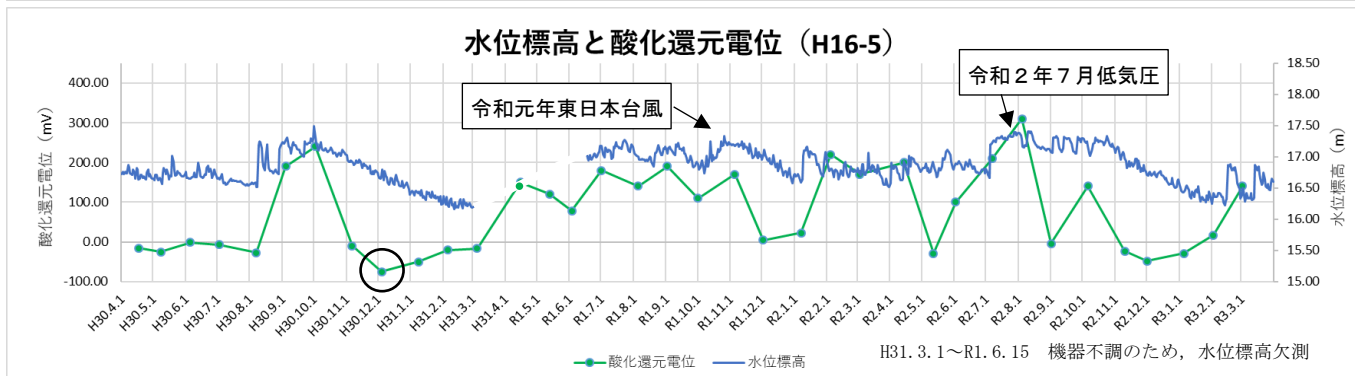
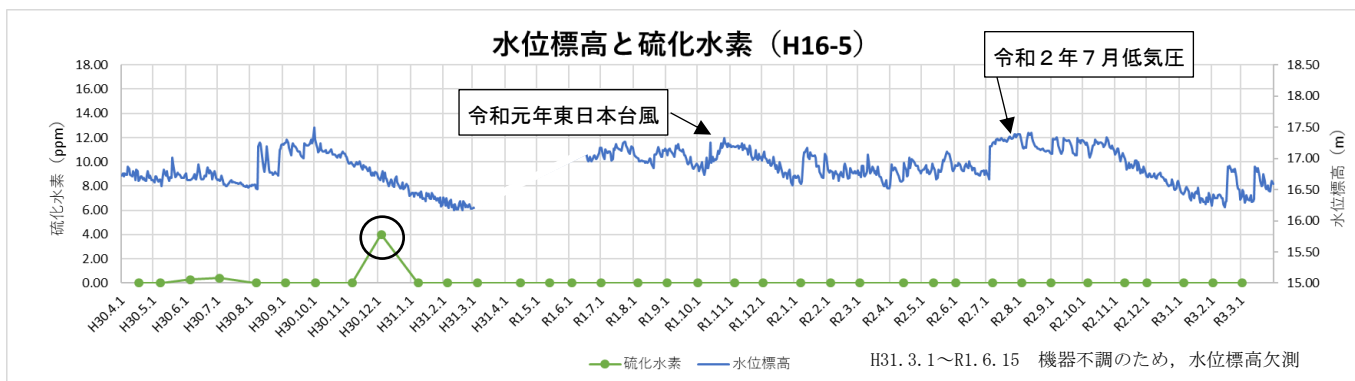
ハ 地下水位とガスの濃度の変動

(イ) 硫化水素濃度

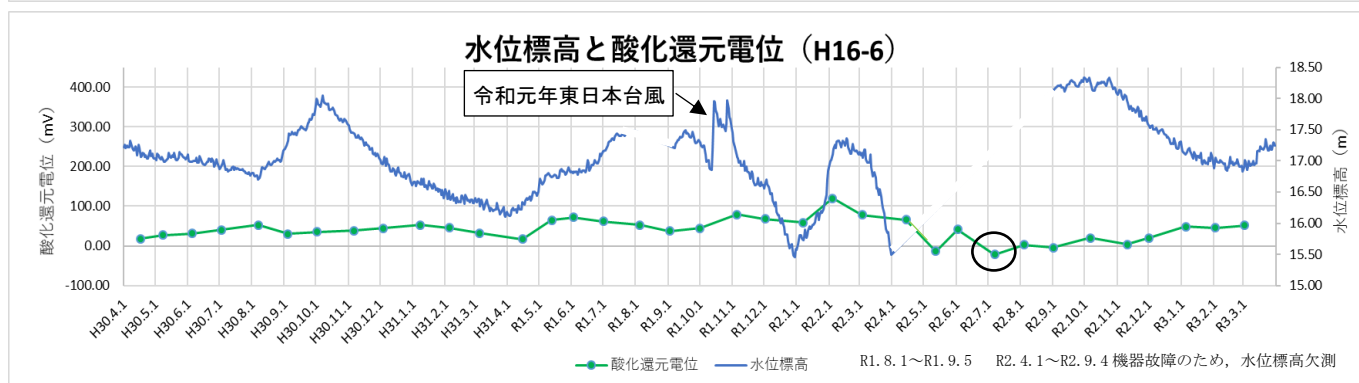
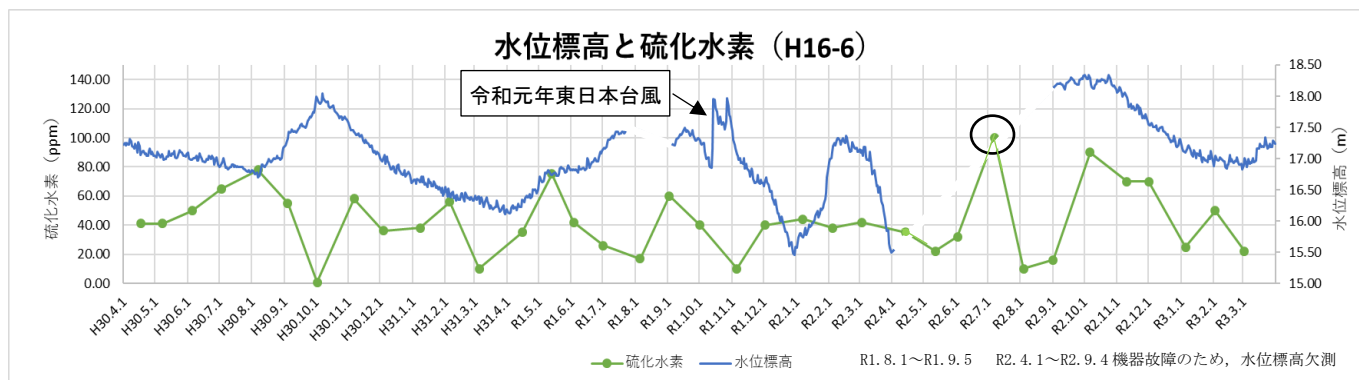
酸化還元電位の値が負の場合、嫌気的な環境下にあると考えられ、嫌気的な環境下では硫酸イオン、有機物及び硫酸塩還元菌が存在すると、硫化水素が発生することが知られており※、本処分場においても硫酸塩還元菌の存在が確認されている。

H16-5 は、酸化還元電位が負の値を示すことがあり嫌気的な環境となりやすい観測井戸であるが、平成 30 年 12 月に硫化水素が 4ppm 検出された際も、酸化還元電位が -75mV と嫌気的な状態となっており、硫酸イオンも 96mg/L であり、硫化水素が発生したものと推察された。

※ 廃棄物最終処分場における硫化水素対策検討会報告書 (平成 12 年 9 月 厚生省水道環境部)



また、H16-6 では、令和 2 年 7 月に硫化水素が 100ppm 検出されているが、その際の酸化還元電位は -22mV と嫌氣的な環境であり、硫酸イオンも 25mg/L であったことから、硫化水素が発生したものと推察された。



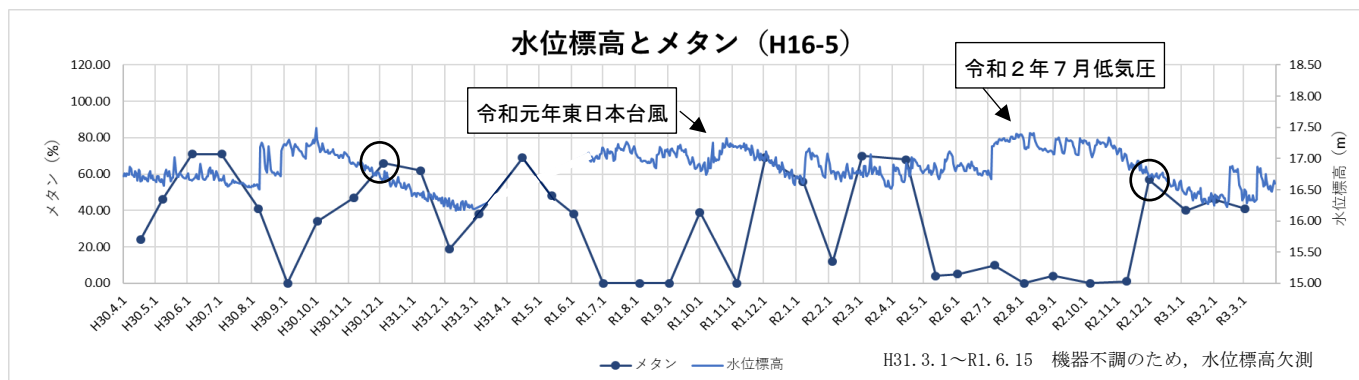
(ロ) メタン及び二酸化炭素濃度

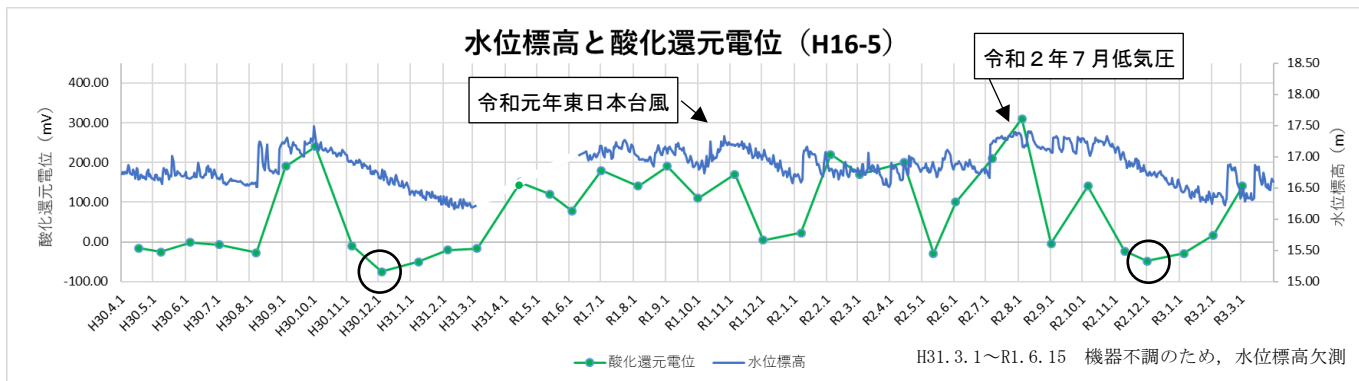
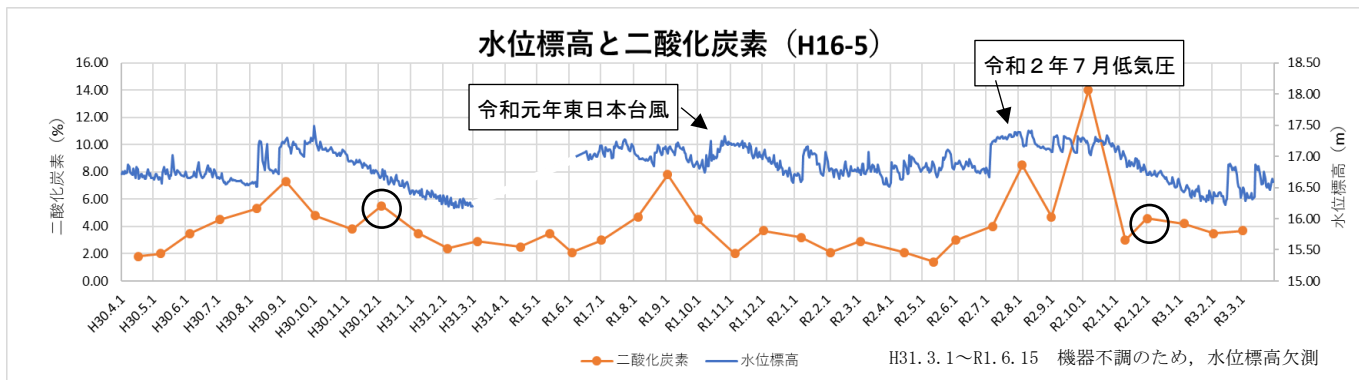
一般的に、嫌氣的な環境下では土壤中の廃棄物（有機物）の分解過程において、メタンと二酸化炭素が発生することが知られている※。

H16-5 では、平成 30 年 12 月にメタンが 66%，二酸化炭素が 5.5% 検出されたが、その際の酸化還元電位は -75mV であり、令和 2 年 12 月にはメタンが 57%，二酸化炭素が 4.6% 検出されが、酸化還元電位が -48mV であった。いずれも酸化還元電位が負の値であり、廃棄物（有機物）の嫌氣的分解が起こる条件が揃ったことから、メタンと二酸化炭素が発生したものと推察された。

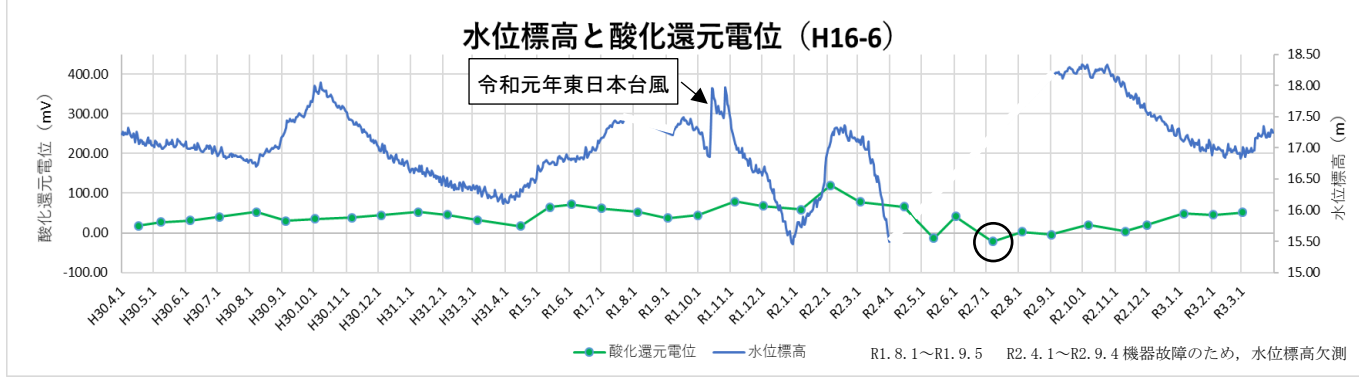
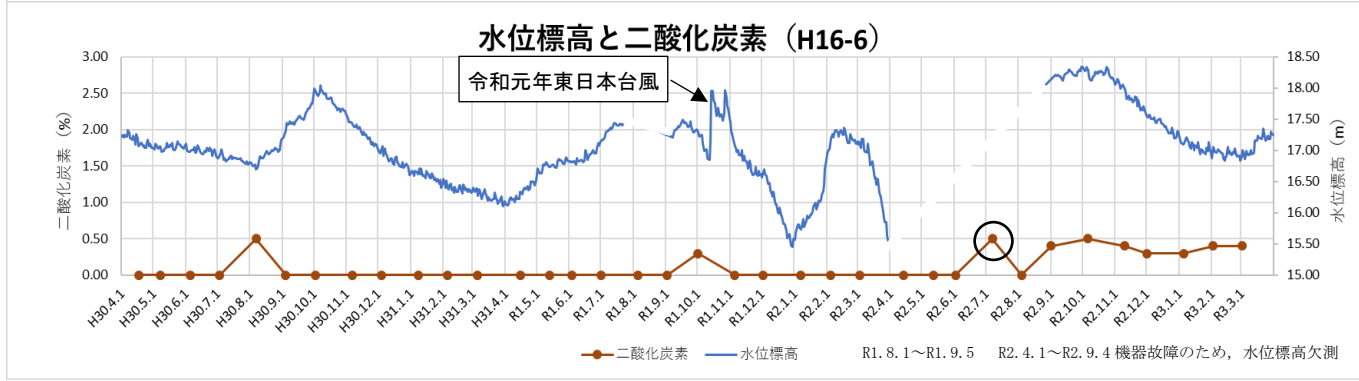
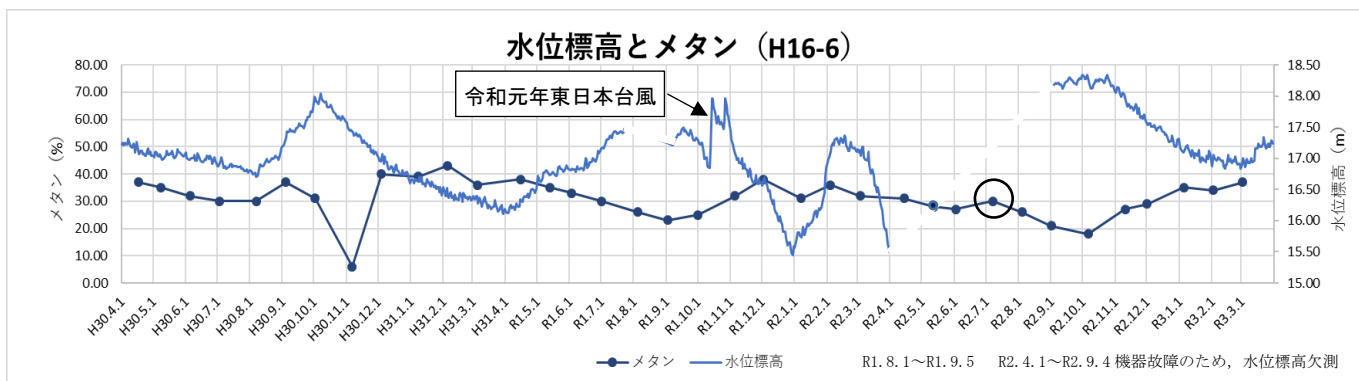
※ メタンガス化に関する基本的事項（環境省 HP）

(<http://www.env.go.jp/recycle/waste/biomass/foundation.html>)





また、H16-6 では、令和2年7月に、酸化還元電位が-22mV、メタンガスが30%、二酸化炭素が0.5% 検出されており、上記の条件が揃ったことから、メタンガスと二酸化炭素が発生したものと推察された。



(2) 地下水の流入に伴う浸透水の下流側への影響

処分場内の浸透水が下流側の地下水の水質に与える影響を確認するため、令和元年東日本台風（令和元年10月）及び令和2年7月の低気圧に伴う降雨について、場内浸透水（H16-5）、下流浸透水（H26-3a）及び下流地下水（Loc.1a）の水質（塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度）を比較した。通常では、場外の下流地下水（Loc.1a）の水質は、塩化物イオン濃度は2桁から4桁程度高く、硫酸イオン濃度は2桁から3桁程度低い状況であり、水質の傾向が異なっている。

令和元年東日本台風の前後において、場外の下流地下水（Loc.1a）の塩化物イオン濃度は減少し、硫酸イオン濃度は上昇した。下流地下水における酸化還元電位が、台風の前後で大きく上昇していることから、雨水による影響が示唆された。

表1 令和元年東日本台風の前後における塩化物イオン及び硫酸イオンの比較

令和元年度		塩化物イオン/硫酸イオン											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
場内浸透水	H16-5	0.08	0.18	0.20	0.45	0.087	0.12	10.0	0.16	0.39	0.45	0.62	0.25
下流浸透水	H26-3a	0.16	1.67	12	0.16	13.3	5.83	38.3	5.51	21.3	19.4	0.45	0.10
下流地下水	Loc.1a	13000	14000	750	750	1400	5.59	1400	0.55	0.76	1400	300	500

令和元年度		塩化物イオン (mg/L)											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
場内浸透水	H16-5	2.00	4.00	2.00	3.00	2.00	2.00	14.0	3.00	55.0	150	61.0	8.00
下流浸透水	H26-3a	7.00	20.0	23.0	5.00	16.0	14.0	23.0	27.0	34.0	35.0	22.0	9.00
下流地下水	Loc.1a	130	140	150	150	140	190	140	5.00	7.00	140	150	150

令和元年度		硫酸イオン (mg/L)											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
場内浸透水	H16-5	24.0	22.0	10.0	6.60	23.0	17.0	1.40	19.0	140	330	99.0	32.0
下流浸透水	H26-3a	43.0	12.0	1.90	32.0	1.20	2.40	0.60	4.90	1.60	1.80	49.0	89.0
下流地下水	Loc.1a	0.01	0.01	0.20	0.20	0.10	34.0	0.10	9.10	9.20	0.10	0.50	0.30

※黄色網かけ：令和元年東日本台風の直前に実施した調査，緑色網かけ：同台風の直後に実施した調査

また、令和2年7月の低気圧による降雨の前後においても、場外の下流地下水（Loc.1a）の塩化物イオン濃度は減少し、硫酸イオン濃度は上昇しており、下流地下水（Loc.1a）における酸化還元電位が、降雨の前後で上昇していることから、雨水による影響が示唆された。

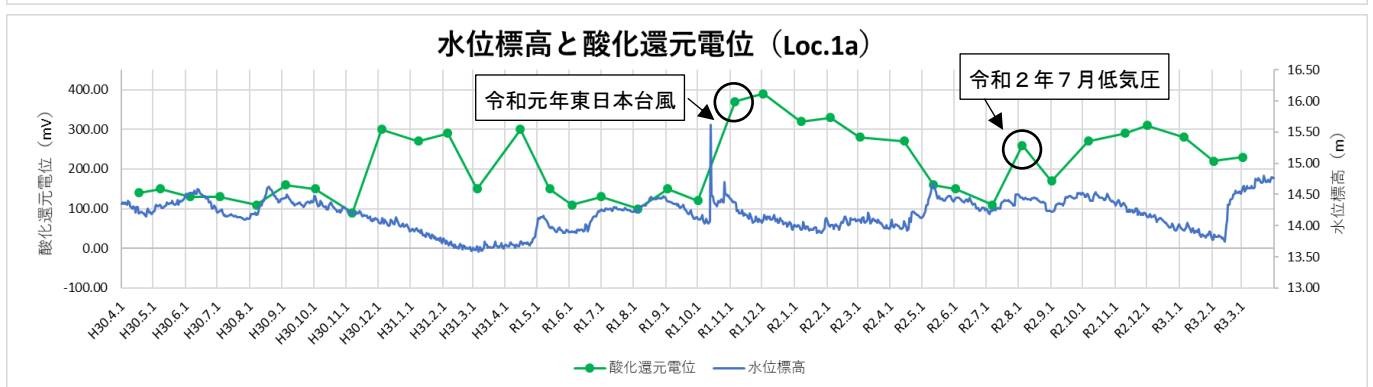
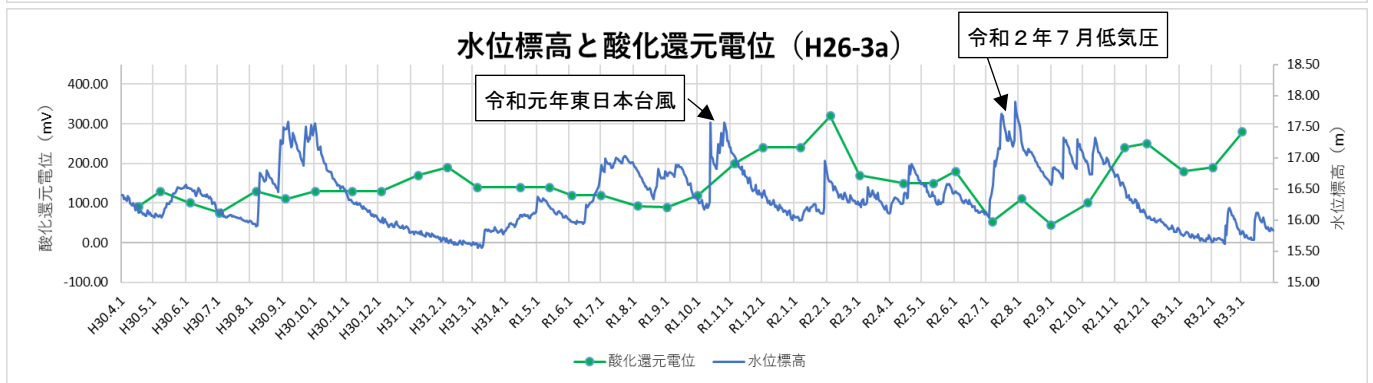
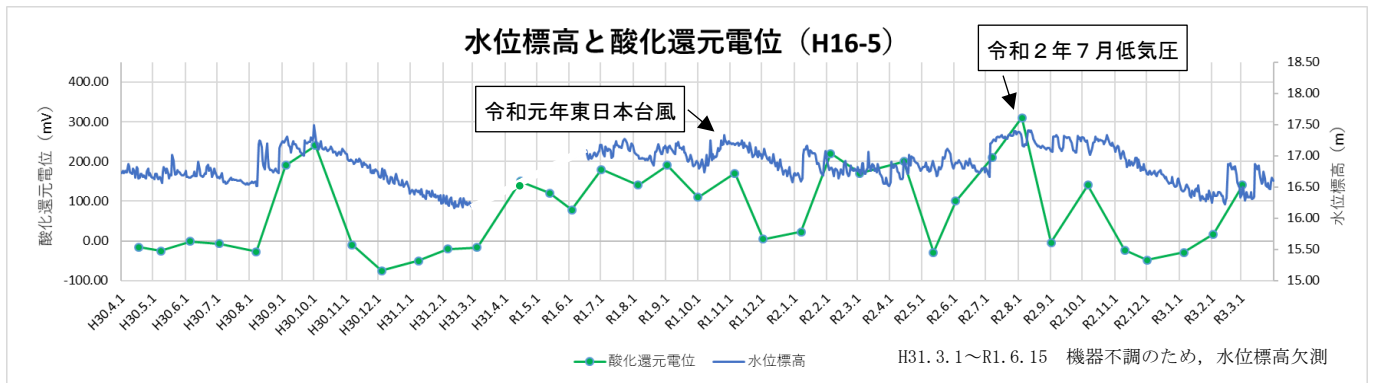
表2 令和2年7月低気圧による降雨の前後における塩化物イオン及び硫酸イオンの比較

令和2年度		塩化物イオン/硫酸イオン											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
場内浸透水	H16-5	0.08	0.18	0.20	0.45	0.02	0.92	0.01	0.85	0.57	0.95	0.62	0.25
下流浸透水	H26-3a	0.16	1.67	12.11	0.16	3200	10.77	1.00	2.38	22.22	7.35	0.45	0.10
下流地下水	Loc.1a	13000	14000	750	750	1.30	375	500	1500	1400	1400	300	500

令和2年度		塩化物イオン (mg/L)											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
場内浸透水	H16-5	2.00	4.00	2.00	3.00	0.20	110	0.20	110	160	200	61.0	8.00
下流浸透水	H26-3a	7.00	20.0	23.0	5.00	32.0	28.0	12.0	15.0	20.0	25.0	22.0	9.00
下流地下水	Loc.1a	130	140	150	150	7.00	150	150	150	140	140	150	150

令和2年度		硫酸イオン (mg/L)											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
場内浸透水	H16-5	24.0	22.0	10.0	6.60	13.0	120	14.0	130	280	210	99.0	32.0
下流浸透水	H26-3a	43.0	12.0	1.90	32.0	0	2.60	12.0	6.30	0.90	3.40	49.0	89.0
下流地下水	Loc.1a	0.01	0.01	0.20	0.20	5.40	0.40	0.30	0.10	0.10	0.10	0.50	0.30

※黄色網かけ：令和2年7月低気圧による降雨の直前に実施した調査，緑色網かけ：同降雨の直後に実施した調査



5 まとめ

以上から、大雨が発生した場合、雨水が浸透し、又は浸透した雨水が地下水となって処分場へ流入してくるが、雨水の水質の影響を直接受ける観測井戸と影響をあまり受けない井戸が確認された。

雨水の水質の影響を直接受ける観測井戸においては、地下水位の上昇に伴い塩化物イオン濃度等の低下が見られ、雨水による希釈によるものと推測された。また、硫化水素やメタン等の濃度の上昇が確認された際には、酸化還元電位が負の値を示すような嫌気的な環境下であることが確認された。

雨水の浸透や地下水の流入等による処分場外の下流側への影響については、処分場内の下流浸透水と処分場外の下流地下水の水質について、塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度から比較を行ったが、場外の地下水の水質は、雨水の影響を受けていると推測された。

なお、大雨時に場内観測井戸が冠水した場合でも、最終覆土を經由して観測井戸内の浸透水が地表に溢れ出すことは考えにくく、観測井戸の管頭まで冠水した場合を除き、観測井戸の浸透水が下流側地下水の水質に直接影響を与える可能性は小さいと考えられた。

