

潮発電所 来島貯水池の 水質保全対策の状況について (案)

神戸川の河川環境に関する協議会資料

中国電力株式会社

2020年3月27日

1. 来島貯水池の概要

項目	内容
所在地	飯石郡飯南町下来島
湛水面積	1.60km ²
ダム高さ	63.0m
ダム長さ	250.87m
利用水深	25.0m
総貯水容量	2,347万m ³
有効貯水容量	2,118万m ³



来島貯水池

潮発電所 (江の川へ送水)
 最大使用水量 : 15m³/s
 最大出力 : 36,000kW

2. 神戸川河川環境保全に対する当社の取組み

神戸川の河川環境に関する専門委員会

来島ダムから潮発電所への分水が，神戸川の水環境へ与える影響について調査するため，島根県が設置

2013.2
報告書

専門委員会の提言項目	当社の取組み	状況
■ 来島ダムからの放流量の検討	(a) 常時 2 m ³ /s放流	2017年3月10日 以降は確認書に基づき 実施
■ 窪田発電所・乙立発電所の減水区間の放流量の増加 ■ 漁業に与える影響の検討	(b) 減水区間の放流量の増加	
	(c) 窪田堰魚道の改造	完成
	(d) 八幡原堰魚道の改造	完成
■ 水質調査，生物調査の継続実施	(e) 水質調査，魚族・生物調査等	継続中
	(f) 来島貯水池水質保全対策	実施中
■ 行政や地域住民，関係団体が一体となった河川環境の保全と整備に向けた取組み	(g) フラッシュ放流への協力	2013年～2019年実施
	(h) その他の堰への対応	応分の負担を提案

3. 来島貯水池水質保全対策検討会について

1. 目的

来島貯水池の水質保全に係る課題に対して，貯水池内の水質現象を的確に把握し効果的な対策を検討するとともに，対策状況の確認を行う。

2. 会議構成

- 河川，水質および生物に精通した学識経験者の委員と当社の委員で構成。
- 国交省出雲河川事務所，島根県，出雲市，飯南町，美郷町にオブザーバー出席を依頼。
- 公開で開催（神戸川漁協，神戸川再生推進会議へ開催案内）。

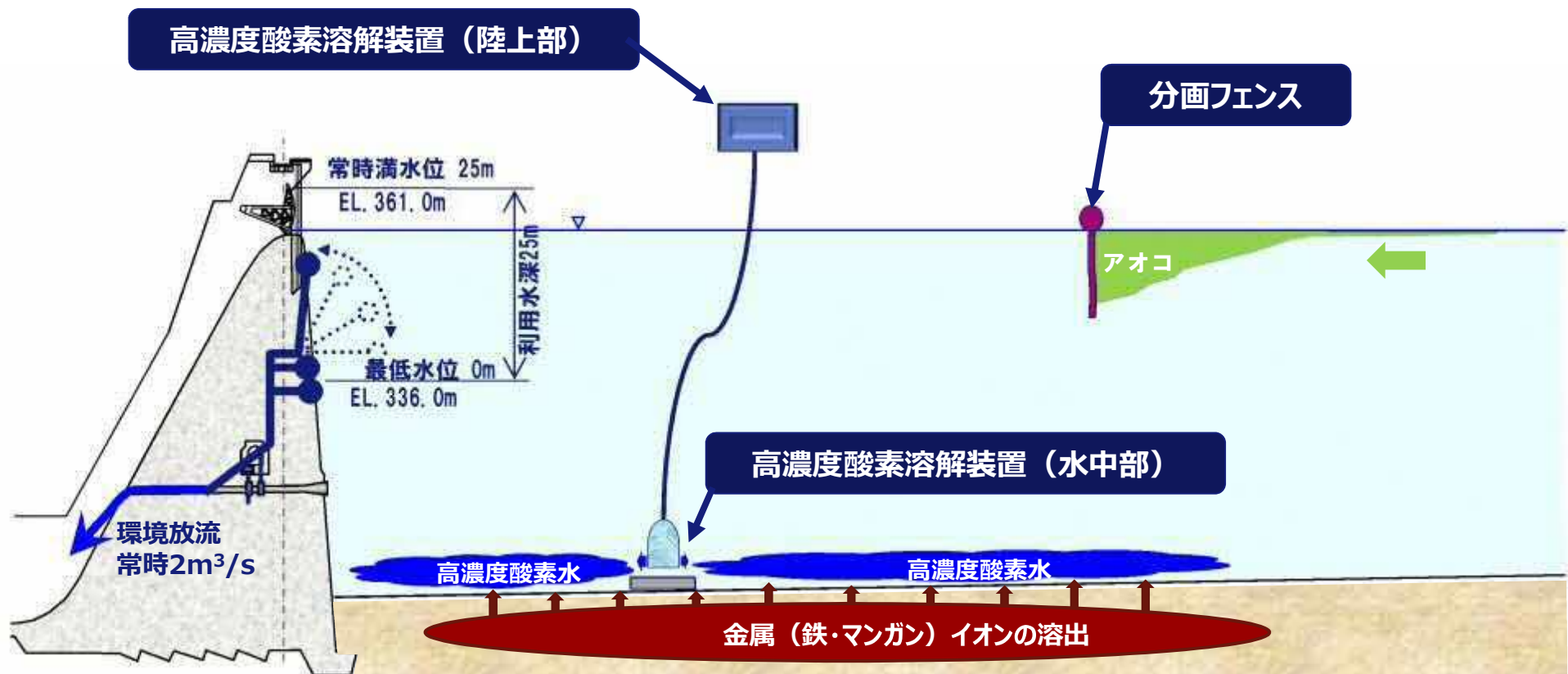
開催状況		検討概要	
第1回	2013年12月15日	来島ダム of 課題，水質の現状，取組みの方向性等	対策の検討
第2回	2014年1月20日	対策案の概略検討および取組みの方向性，検証の考え方等	
第3回	2014年4月8日	対策案の評価（2次選定），水質流動解析実施状況等	
第4回	2014年10月6日	対策案の評価選定（3次中間報告）等	
第5回	2015年3月24日	対策案の決定（高濃度酸素溶解装置，分画フェンス）等	
第6回	2015年8月21日，9月1日	【持回り開催】装置試運転時の水質モニタリング方法	対策の検証中
第7回	2016年2月23日	装置の試運転結果および装置本運用計画等の報告	
第8回	2017年2月28日		
第9回	2018年3月2日	当年度の水質モニタリング結果および次年度装置運用計画	
第10回	2019年3月1日	他の報告	
第11回	2020年3月6日※		

※新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から，非公開開催とした。

4. 来島貯水池水質保全対策検討会により決定した水質保全対策（対策設備）

課題	対策
1. 金属（鉄・マンガン）イオン溶出による環境放流水へ影響の懸念	高濃度酸素溶解装置の設置
2. アオコが発生した場合の環境放流水への影響の懸念	分画フェンスの設置

来島ダム縦断面図（対策イメージ図）

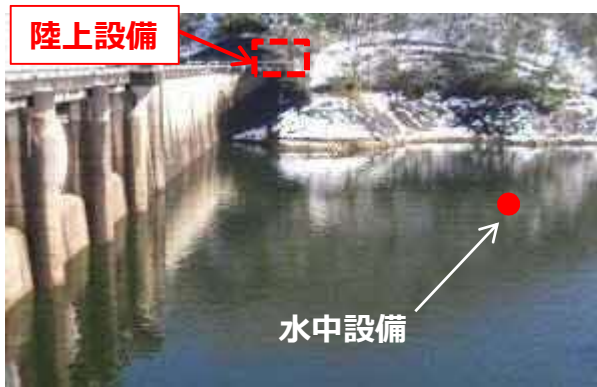


5. 来島貯水池水質保全対策検討会により決定した水質保全対策（対策設備）

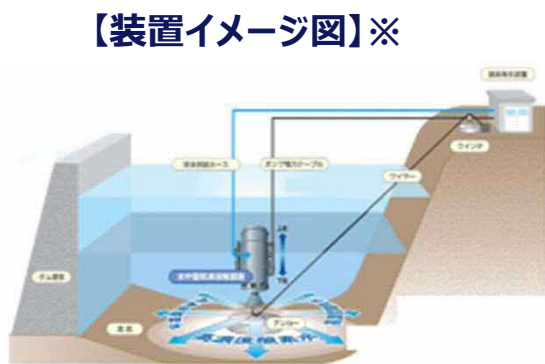
- 高濃度酸素溶解装置（以下，W E Pと記載）および分画フェンスは,2015(H27)年 9月に着工し， 12月に現地工事を完了した。
- 運転パターンを変更しながら金属溶出に対する効果的な運転を検討中である。

水質保全対策機器の設置状況

1. W E P



【水中設備】



【陸上設備】

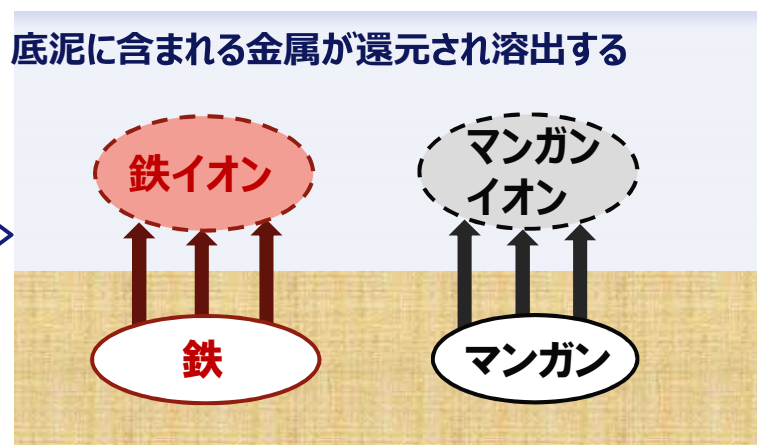
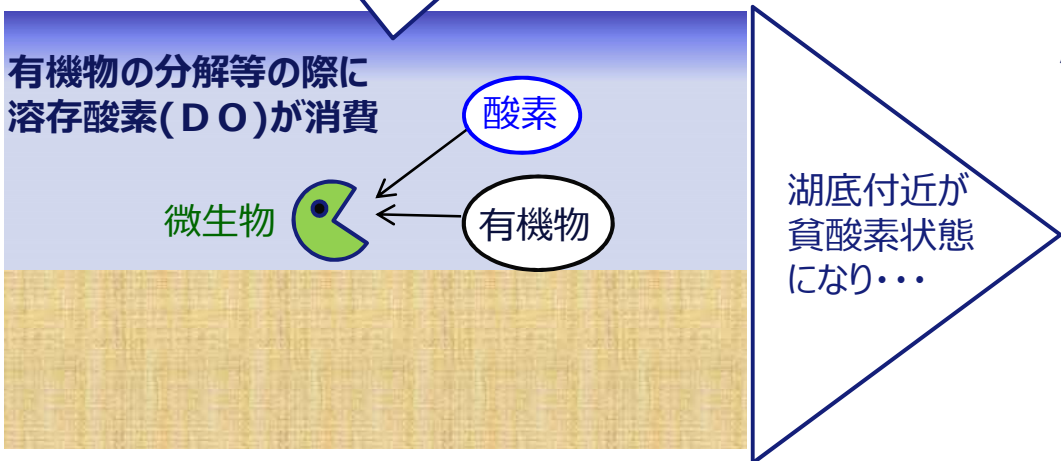
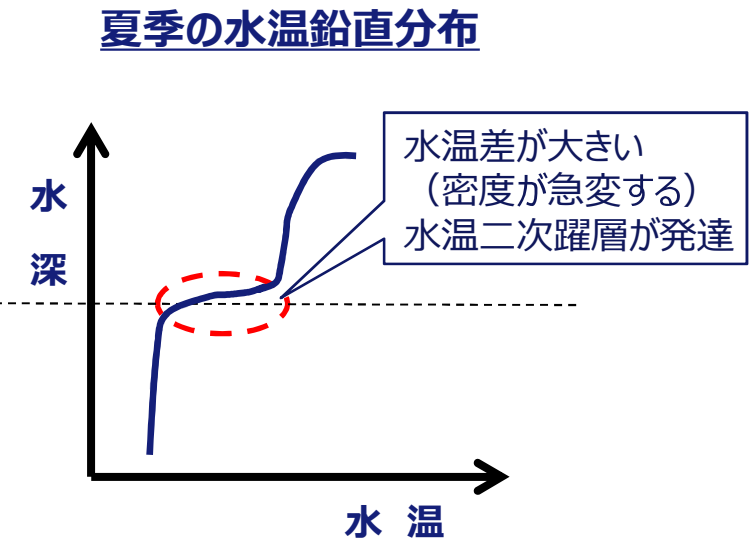
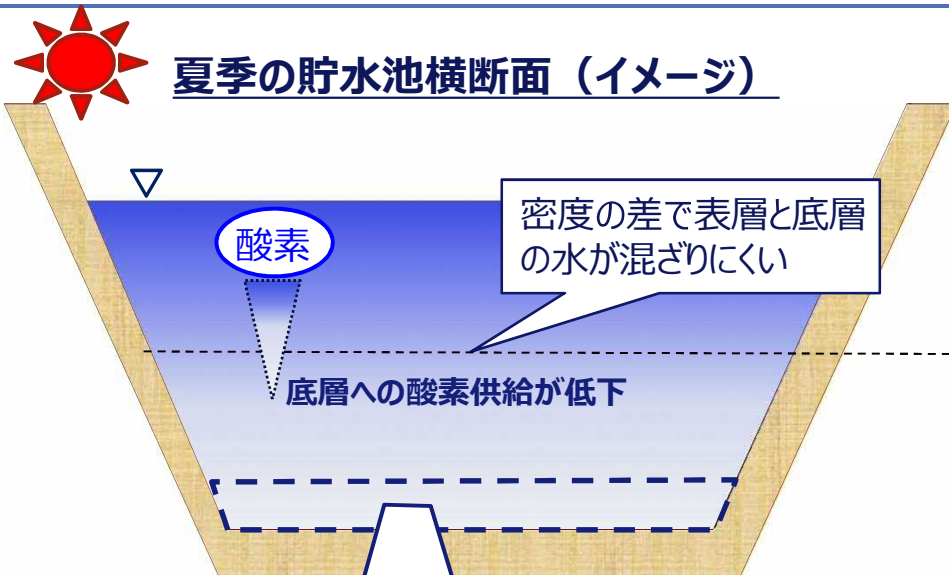


2. アオコ対策(分画フェンス)



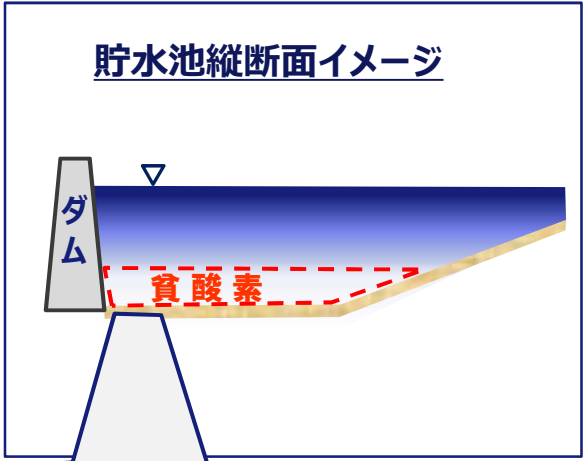
※出典：メーカー資料から抜粋

6. 湖底からの金属溶出のメカニズム



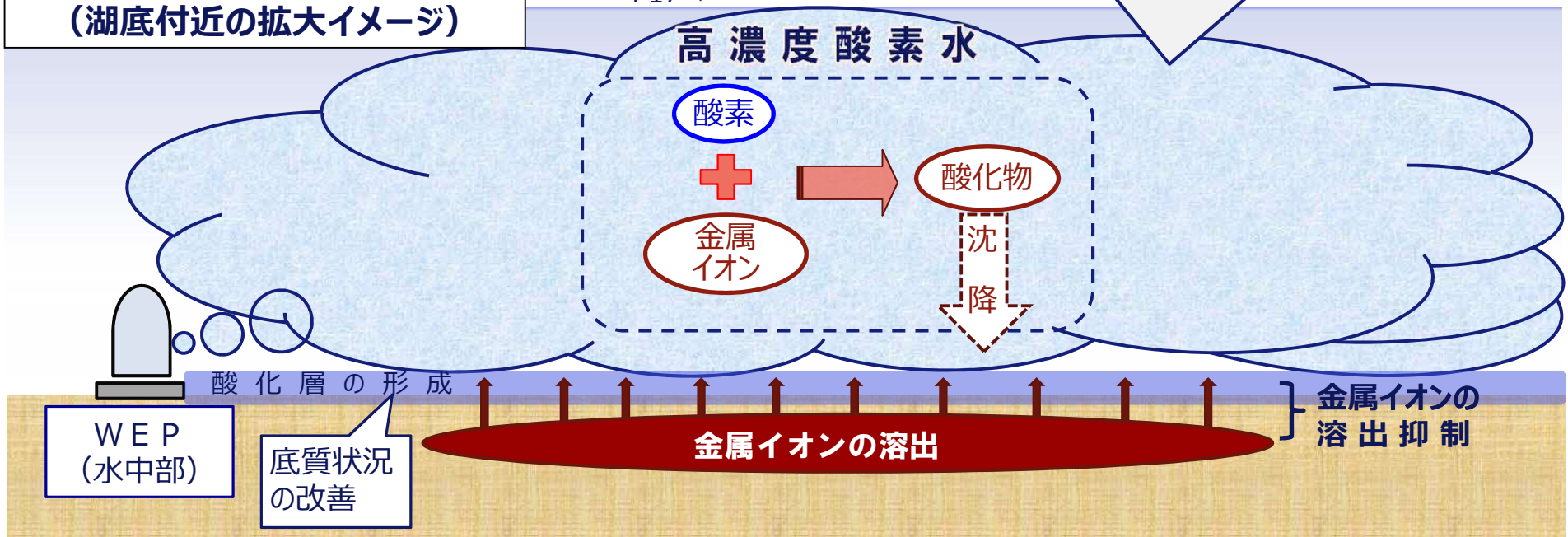
7. WEPに期待する効果

- 目的:金属イオンの溶出抑制
- 対策:WEPによる湖底付近への高濃度酸素水の供給
- 期待する効果
 - ① 溶存酸素 (DO) の増加による貧酸素状態の解消
 - ② ①に伴う金属イオンの酸化・沈降
 - ③ 底質状況の改善 (酸化層の形成) による金属イオンの溶出抑制



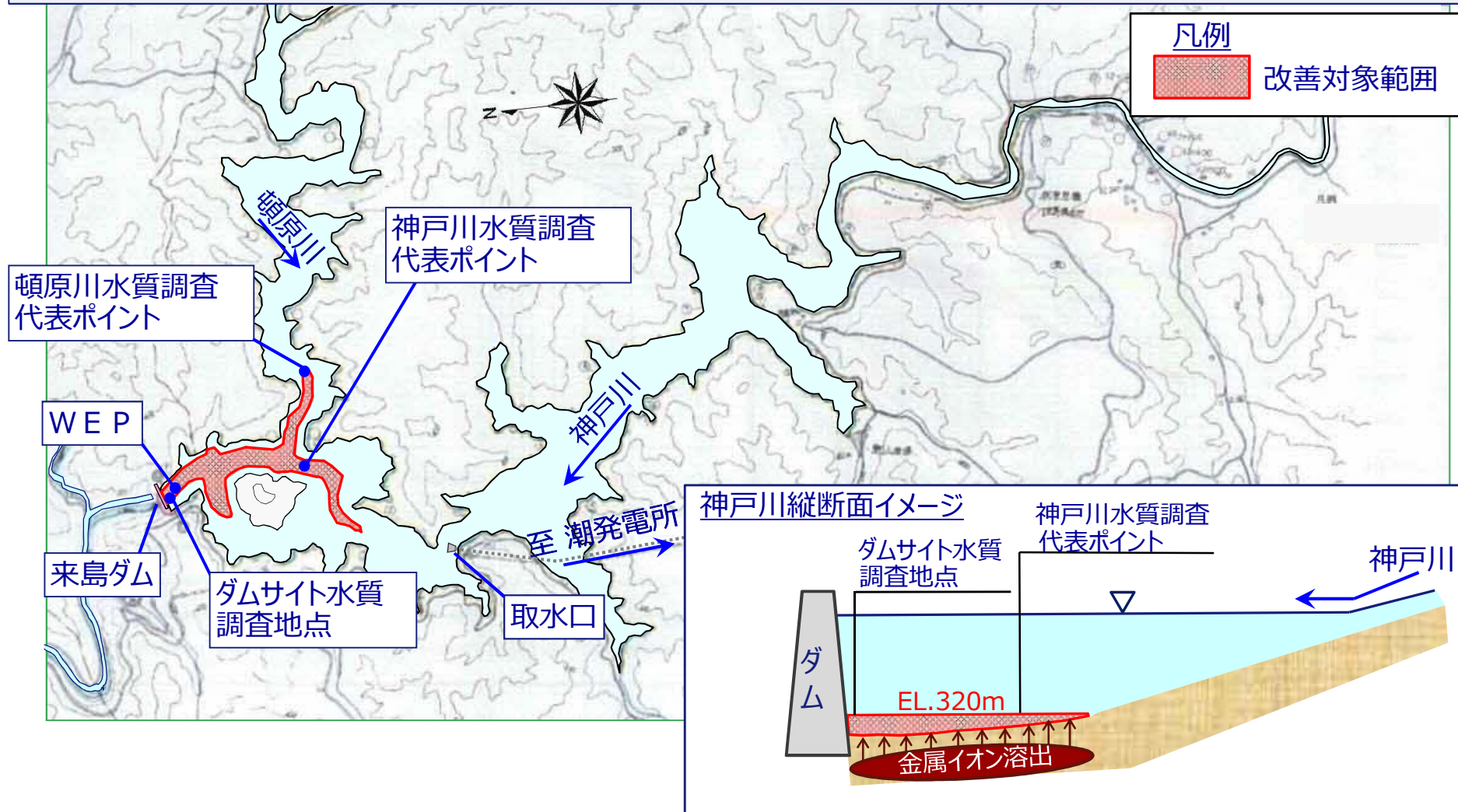
WEPによる金属溶出対策 (湖底付近の拡大イメージ)

▶ WEP概要 P17へ



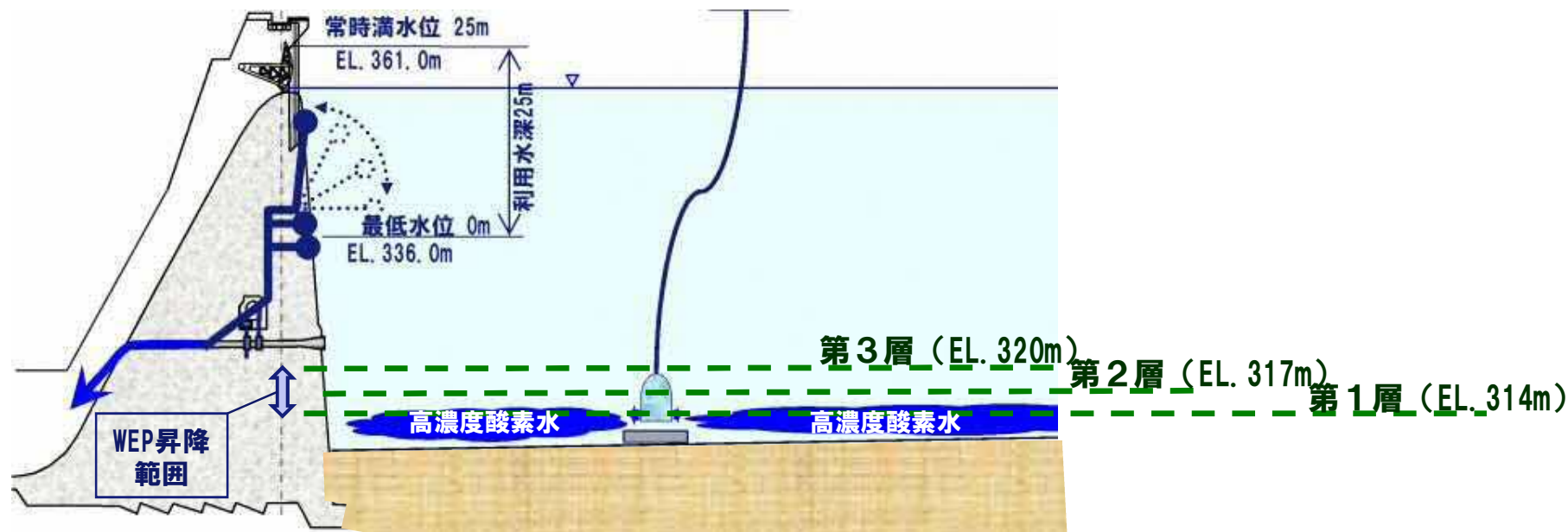
8. WEPによる改善対象範囲

- WEPによる改善対象範囲は、湖底付近（EL.320m以下）で金属イオンの溶出が顕著と想定される範囲を設定した。
- 改善効果については、改善対象範囲内の水質調査ポイントで確認する。



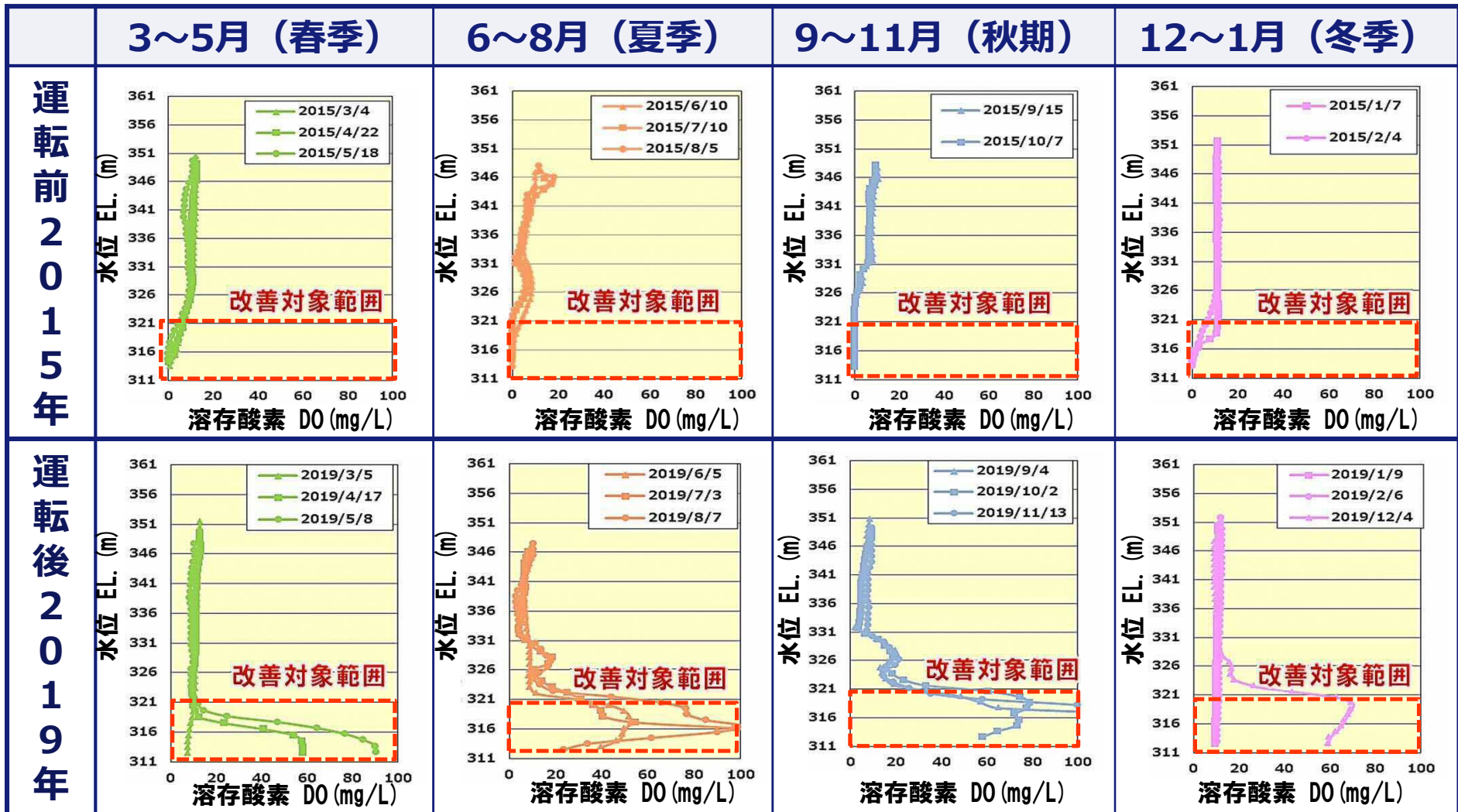
9. 2019年のWEP 運転実績

2019年	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
機器の運転	運転		休	運転		休	運転		休
第3層 (EL. 320m)		3週間		2週間		2週間		2週間	
第2層 (EL. 317m)		2週間		1週間		1週間		1週間	
第1層 (EL. 314m)	6週間		4週間		3週間		3週間		



10. 改善対象範囲における溶存酸素 (DO) の改善

■ W E P 運転開始後,改善対象範囲の底層における溶存酸素※は増加し, 貧酸素状態は改善された。代表として, ダムサイトのDO状況を以下に示す。

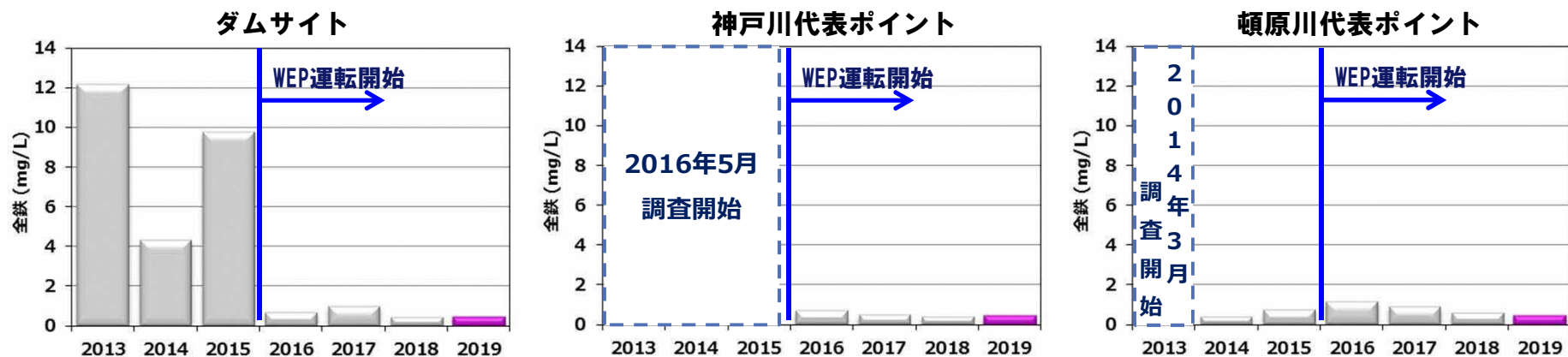


注)DOの計測レンジ (20mg/L) を超える値は参考値

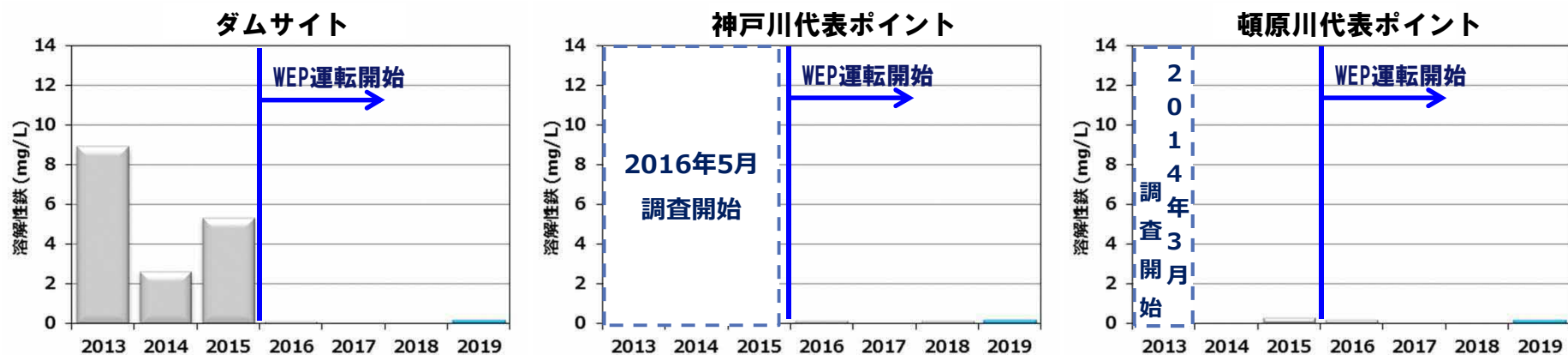
11. 底層の鉄濃度の変化【5月～11月年別平均値の推移】

■ ダムサイトにおける鉄濃度の平均値は、2016年のWEPの本運用開始以降、大幅に低下した。

①全鉄（溶解性鉄＋水に溶けていない粒子状の鉄）濃度



②溶解性鉄（水に溶け込んだ鉄イオンの量）濃度



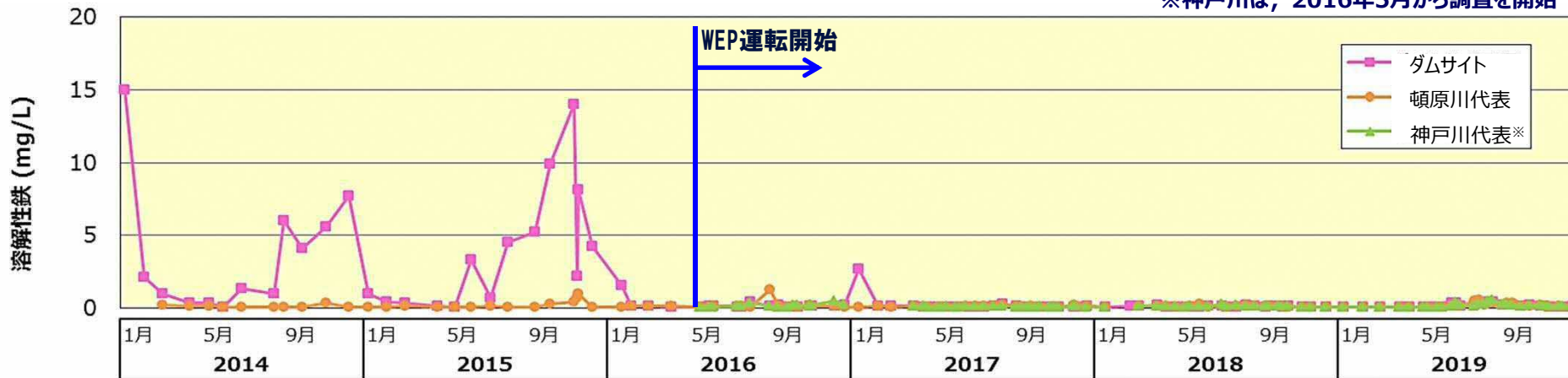
注1) 2017.10.25の頓原川・神戸川代表ポイントは、出水の影響で異常値と判断したため、平均算定より除外した。

注2) 12～4月は、大循環の影響を考慮し、平均算定より除外した。

11. 底層の鉄濃度の変化【2014年～2019年】

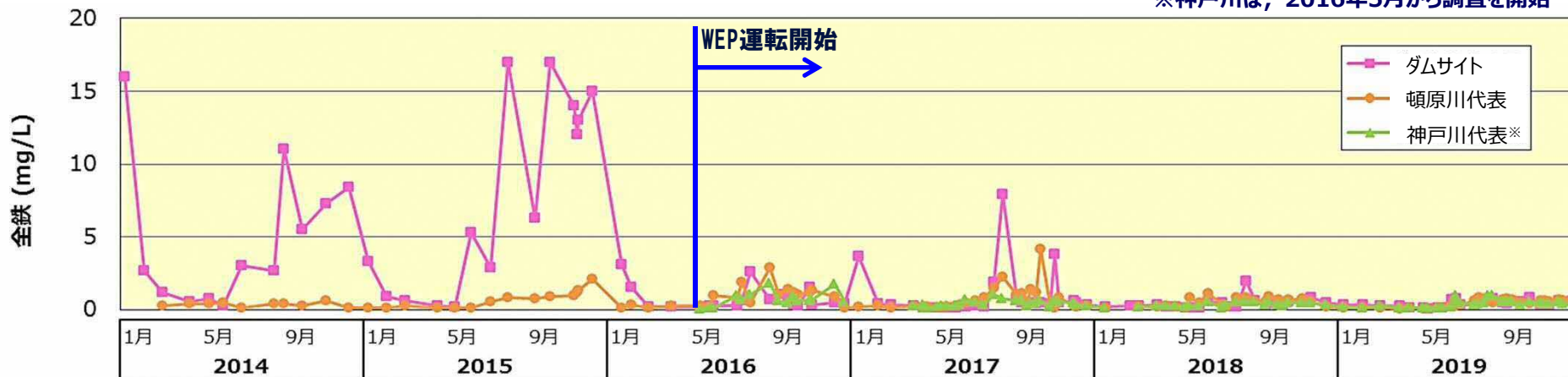
①全鉄（溶解性鉄+水に溶けていない粒子状の鉄）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始



②溶解性鉄（水に溶け込んだ鉄イオンの量）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始

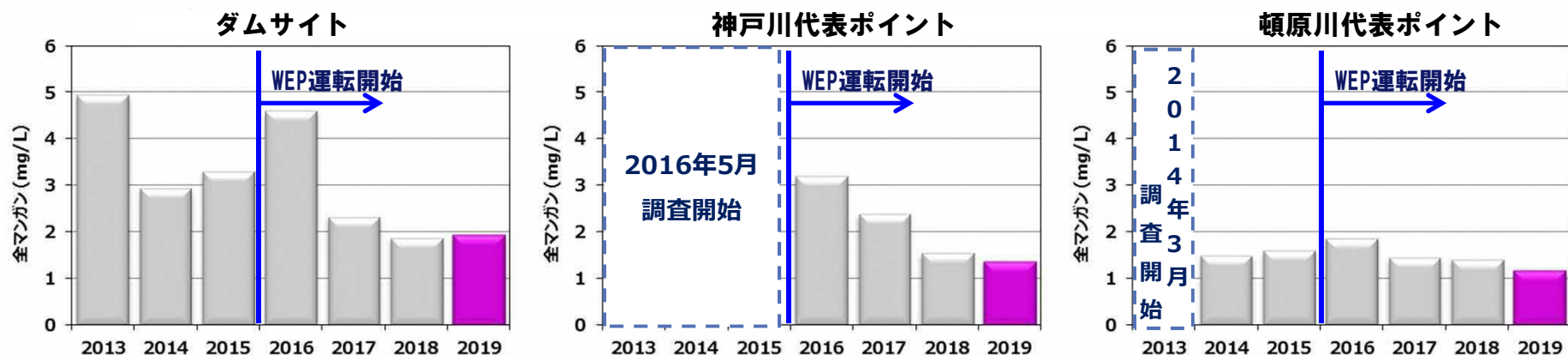


注) 定量限界値未滿は、定量限界値として集計している

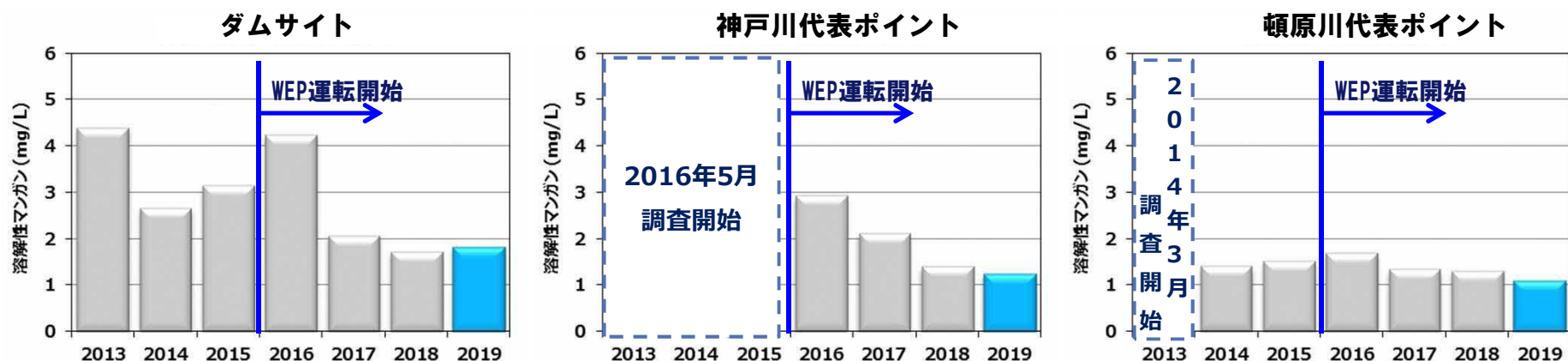
12. 底層のマンガン濃度の変化【5月～11月年別平均値の推移】

- 2019年におけるダムサイトおよび神戸川におけるマンガン濃度の平均値は、鉄と比べて低減量は小さいものの2017年頃から徐々に低下傾向を示している。

①全マンガン（溶解性マンガン+水に溶けていない粒子状の鉄）濃度



②溶解性マンガン（水に溶け込んだマンガンイオンの量）濃度



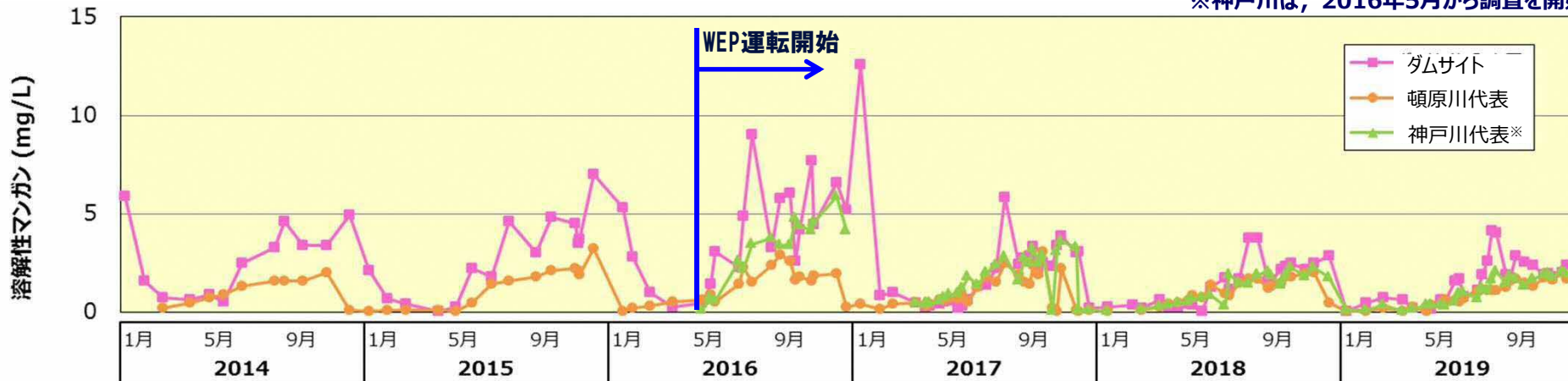
注1) 2017.10.25の頓原川・神戸川ポイントは、出水の影響で異常値と判断したため、平均算定より除外した。

注2) 12～4月は、大循環の影響を考慮し、平均算定より除外した。

12. 底層のマンガン濃度の変化【2014年～2019年】

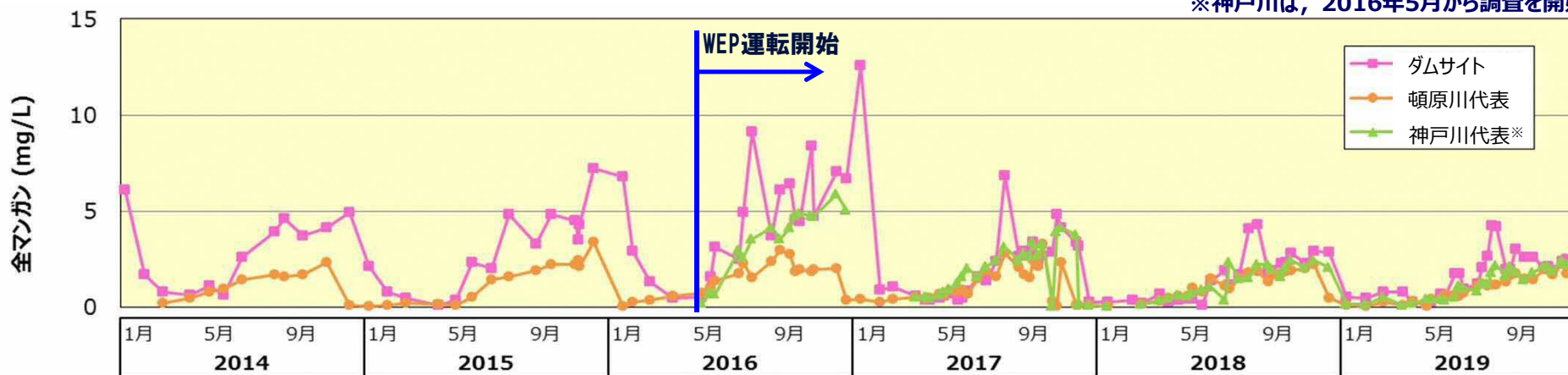
①全マンガン（溶解性マンガン+水に溶けていない粒子状の鉄）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始



②溶解性マンガン（水に溶け込んだマンガンイオンの量）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始



注) 定量限界値未満は、定量限界値として集計している

13. 今後のW E Pの運転予定

■ これまでのW E Pの運転実績と水質調査の結果から、より効果的な運転パターンの検証をすすめていく。

2020年の運転予定※

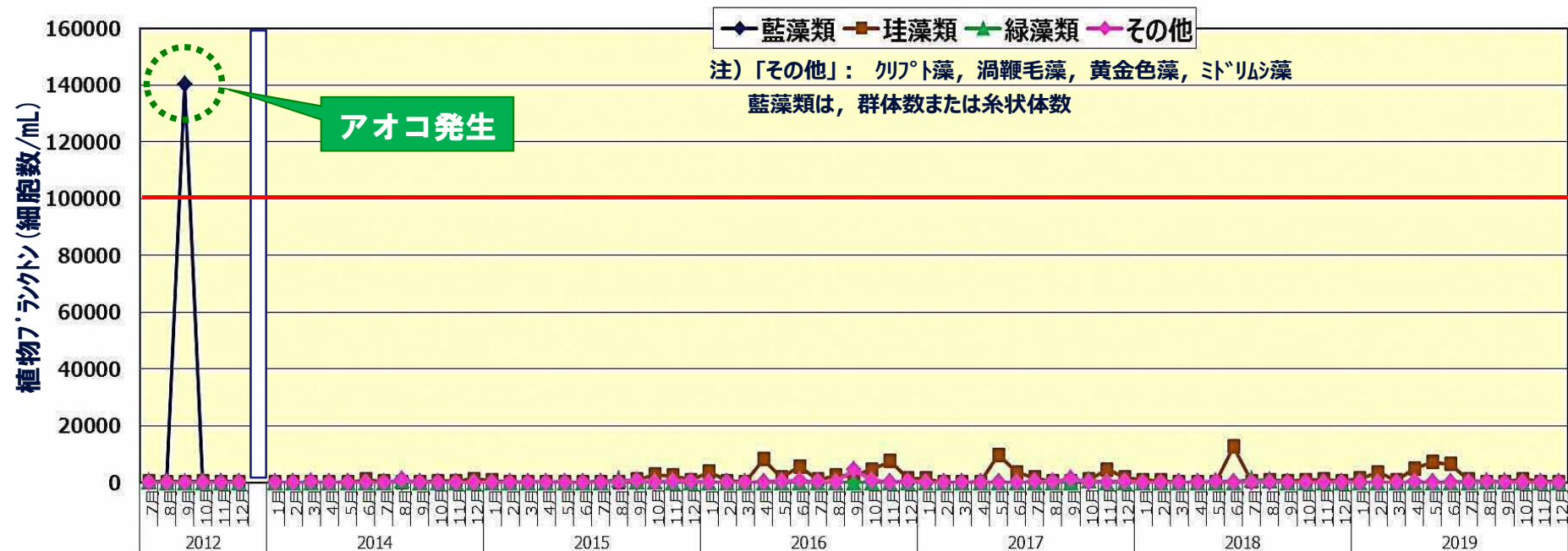
2020年	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
機器の運転	運転		2週間 休	運転	2週間 休	運転	2週間 休	運転	
第3層 (EL. 320m)		 3週間		3週間		3週間		3週間	
第2層 (EL. 317m)	運 転 し な い								
第1層 (EL. 314m)	 8週間			3週間		3週間		3週間	

※水質調査の結果等により、運転予定は見直す場合がある。

14. アオコの発生に関する調査結果 (植物プランクトンの変化)

- 2012年には、アオコの原因種となる藍藻類が優占種^{※1}として確認されたものの、その後の著しい発生は確認されていない。
- 2019年は、7月に緑色の浮遊物がわずかに確認されたものの優占種と判断できる細胞数の植物プランクトンは確認されなかった。

植物プランクトン：ダムサイト (表層)

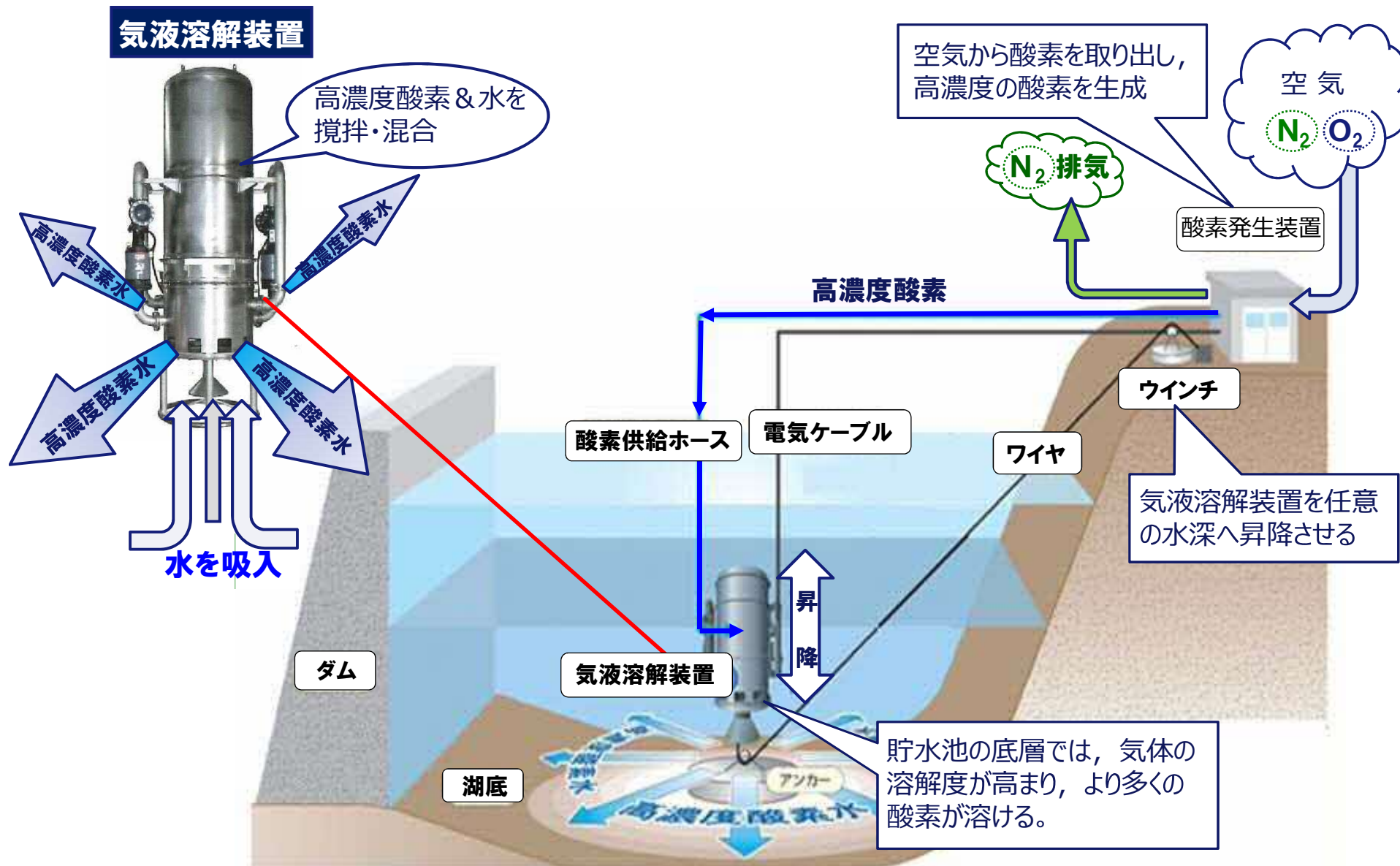


※1 各プランクトンの種が、 10^5 以上の細胞数/mL^{※2}を超えた場合に優占種として整理している (第7回水質保全対策検討会にて定義)。

※2 参考文献: 1) 芹沢 浩 他: 相模湖と津久井湖におけるアオコ異常発生現象の数理モデル解析, 技術マネジメント研究, 2010年3月。

2) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター: アオコ情報 (No.1), 2012年6月。

(参考) WEPの概要について



潮発電所 来島貯水池の 水質保全対策の状況について (案)

神戸川の河川環境に関する協議会資料

中国電力株式会社

2020年3月27日

1. 来島貯水池の概要

項目	内容
所在地	飯石郡飯南町下来島
湛水面積	1.60km ²
ダム高さ	63.0m
ダム長さ	250.87m
利用水深	25.0m
総貯水容量	2,347万m ³
有効貯水容量	2,118万m ³



来島貯水池

潮発電所 (江の川へ送水)
 最大使用水量 : 15m³/s
 最大出力 : 36,000kW

2. 神戸川河川環境保全に対する当社の取組み

神戸川の河川環境に関する専門委員会

来島ダムから潮発電所への分水が，神戸川の水環境へ与える影響について調査するため，島根県が設置

2013.2
報告書

専門委員会の提言項目	当社の取組み	状況
■ 来島ダムからの放流量の検討	(a) 常時 2 m ³ /s放流	2017年3月10日 以降は確認書に基づき 実施
■ 窪田発電所・乙立発電所の減水区間の放流量の増加 ■ 漁業に与える影響の検討	(b) 減水区間の放流量の増加	
	(c) 窪田堰魚道の改造	完成
	(d) 八幡原堰魚道の改造	完成
■ 水質調査，生物調査の継続実施	(e) 水質調査，魚族・生物調査等	継続中
	(f) 来島貯水池水質保全対策	実施中
■ 行政や地域住民，関係団体が一体となった河川環境の保全と整備に向けた取組み	(g) フラッシュ放流への協力	2013年～2019年実施
	(h) その他の堰への対応	応分の負担を提案

3. 来島貯水池水質保全対策検討会について

1. 目的

来島貯水池の水質保全に係る課題に対して，貯水池内の水質現象を的確に把握し効果的な対策を検討するとともに，対策状況の確認を行う。

2. 会議構成

- 河川，水質および生物に精通した学識経験者の委員と当社の委員で構成。
- 国交省出雲河川事務所，島根県，出雲市，飯南町，美郷町にオブザーバー出席を依頼。
- 公開で開催（神戸川漁協，神戸川再生推進会議へ開催案内）。

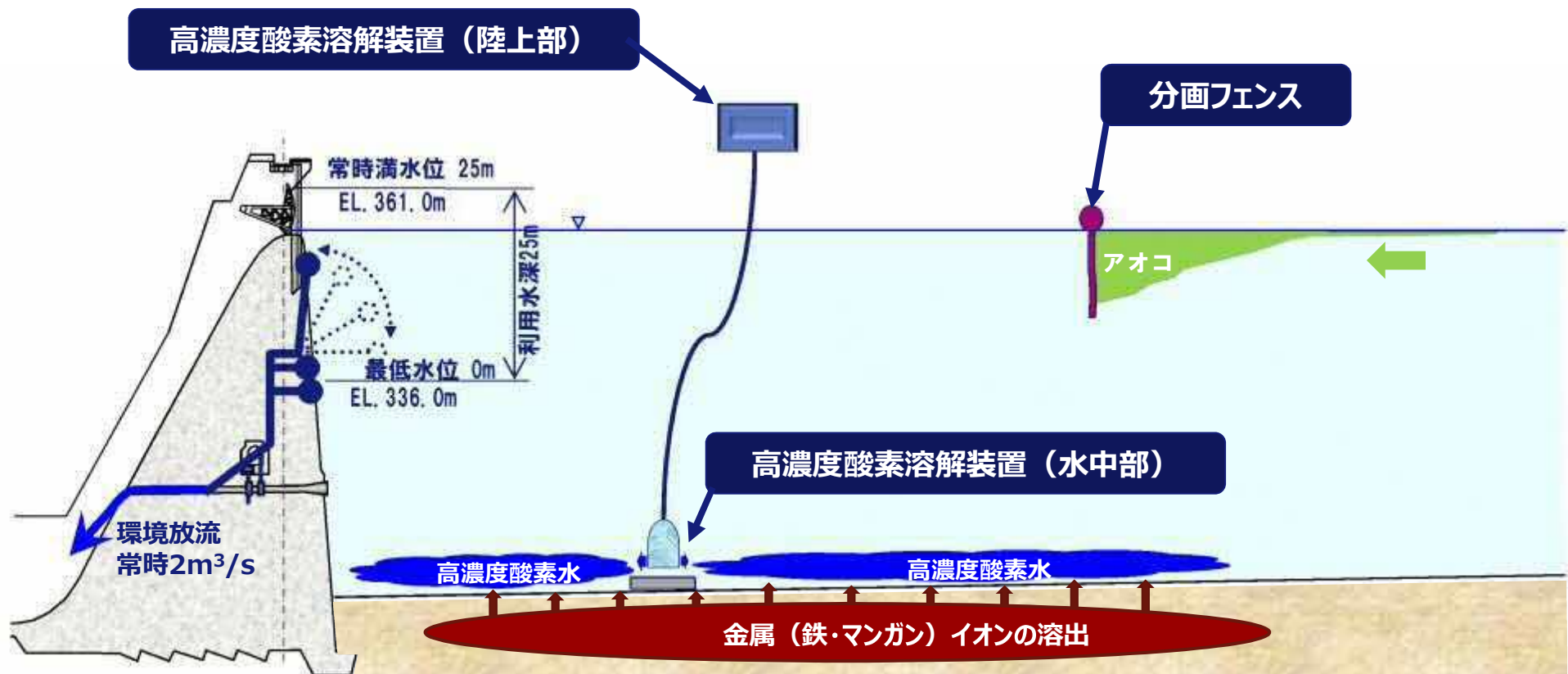
開催状況		検討概要	
第1回	2013年12月15日	来島ダム of 課題，水質の現状，取組みの方向性等	対策の検討
第2回	2014年1月20日	対策案の概略検討および取組みの方向性，検証の考え方等	
第3回	2014年4月8日	対策案の評価（2次選定），水質流動解析実施状況等	
第4回	2014年10月6日	対策案の評価選定（3次中間報告）等	
第5回	2015年3月24日	対策案の決定（高濃度酸素溶解装置，分画フェンス）等	
第6回	2015年8月21日，9月1日	【持回り開催】装置試運転時の水質モニタリング方法	対策の検証中
第7回	2016年2月23日	装置の試運転結果および装置本運用計画等の報告	
第8回	2017年2月28日		
第9回	2018年3月2日	当年度の水質モニタリング結果および次年度装置運用計画	
第10回	2019年3月1日	他の報告	
第11回	2020年3月6日※		

※新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から，非公開開催とした。

4. 来島貯水池水質保全対策検討会により決定した水質保全対策（対策設備）

課題	対策
1. 金属（鉄・マンガン）イオン溶出による環境放流水へ影響の懸念	高濃度酸素溶解装置の設置
2. アオコが発生した場合の環境放流水への影響の懸念	分画フェンスの設置

来島ダム縦断面図（対策イメージ図）

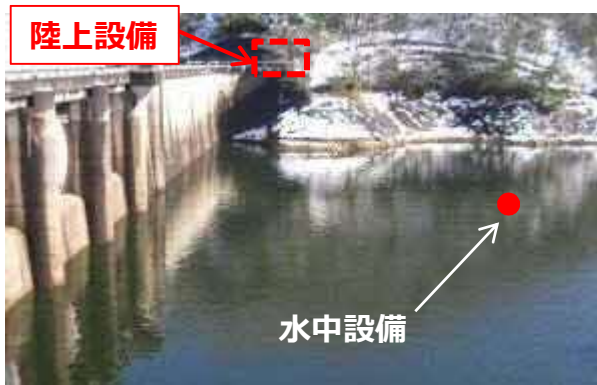


5. 来島貯水池水質保全対策検討会により決定した水質保全対策（対策設備）

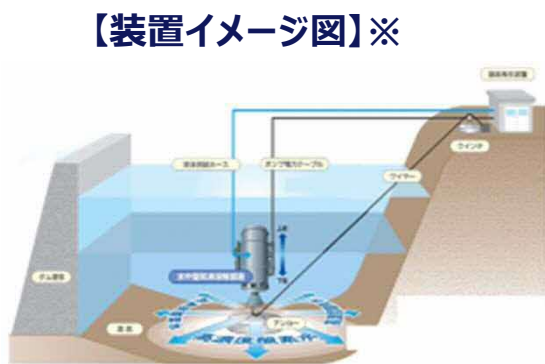
- 高濃度酸素溶解装置（以下、WEPと記載）および分画フェンスは、2015(H27)年 9月に着工し、12月に現地工事を完了した。
- 運転パターンを変更しながら金属溶出に対する効果的な運転を検討中である。

水質保全対策機器の設置状況

1. WEP



【水中設備】



【装置イメージ図】※

【陸上設備】

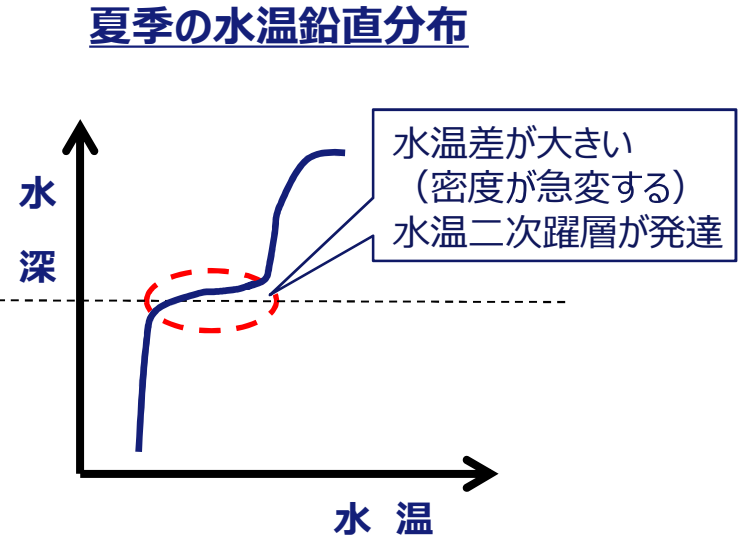
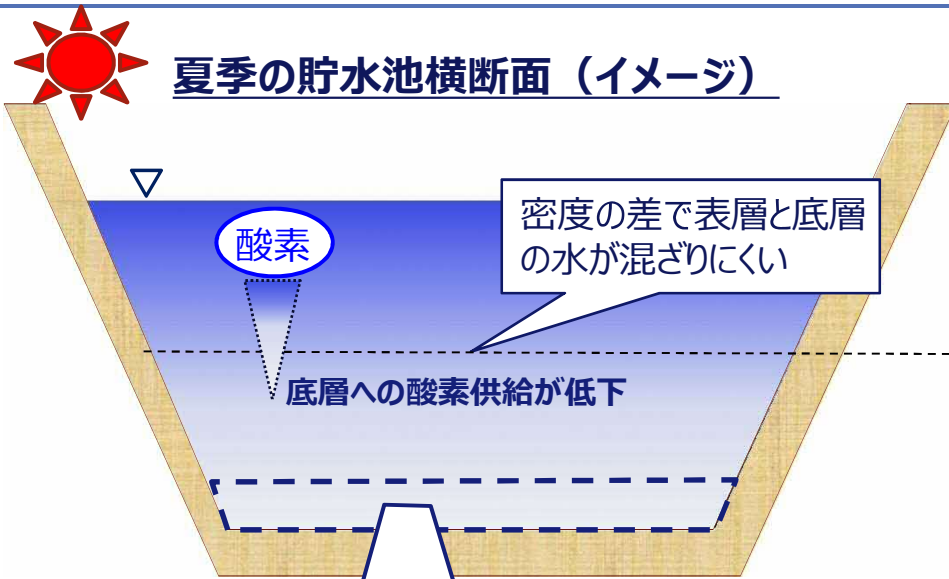


2. アオコ対策(分画フェンス)

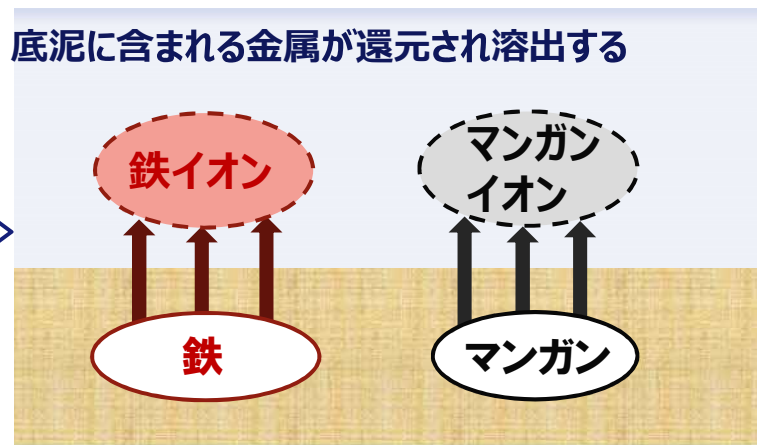
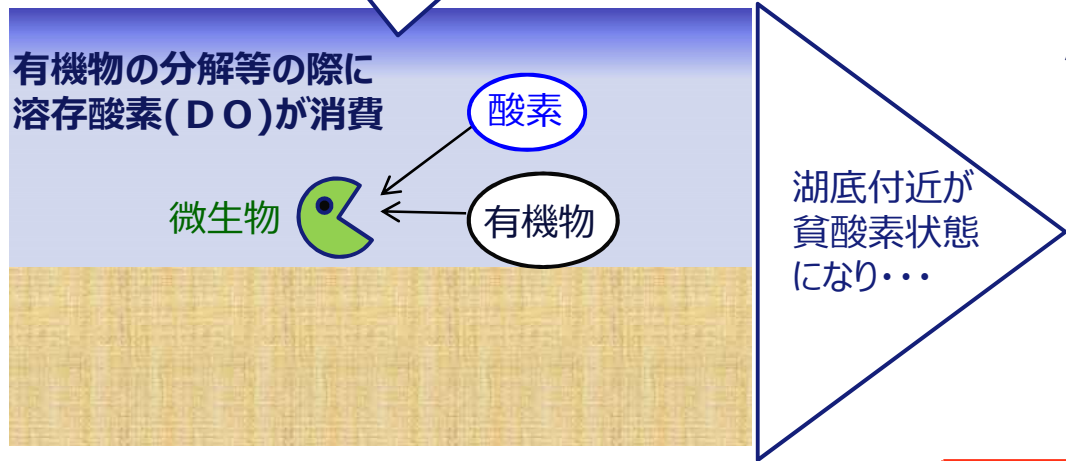


※出典：メーカー資料から抜粋

6. 湖底からの金属溶出のメカニズム

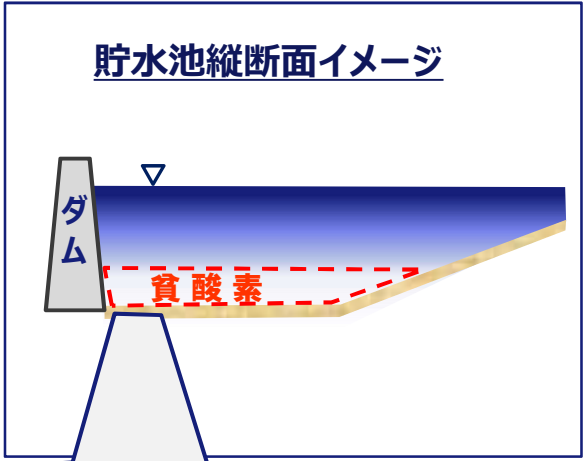


湖底付近は...



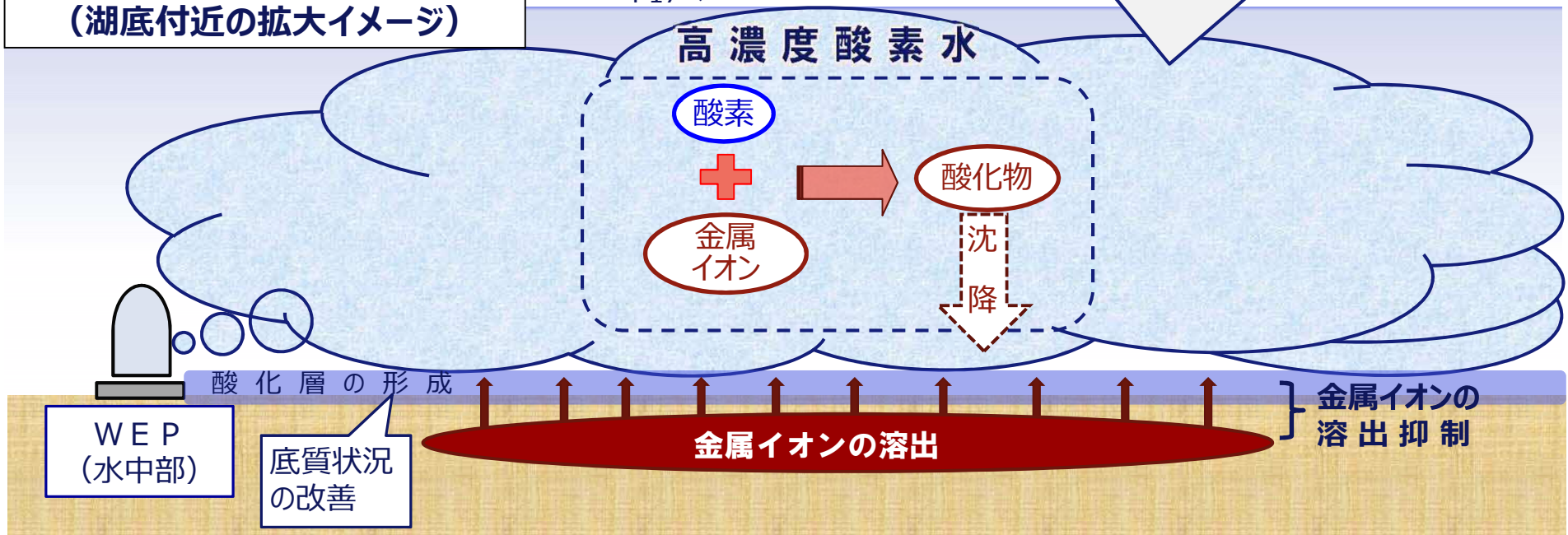
7. WEPに期待する効果

- 目的:金属イオンの溶出抑制
- 対策:WEPによる湖底付近への高濃度酸素水の供給
- 期待する効果
 - ① 溶存酸素 (DO) の増加による貧酸素状態の解消
 - ② ①に伴う金属イオンの酸化・沈降
 - ③ 底質状況の改善 (酸化層の形成) による金属イオンの溶出抑制



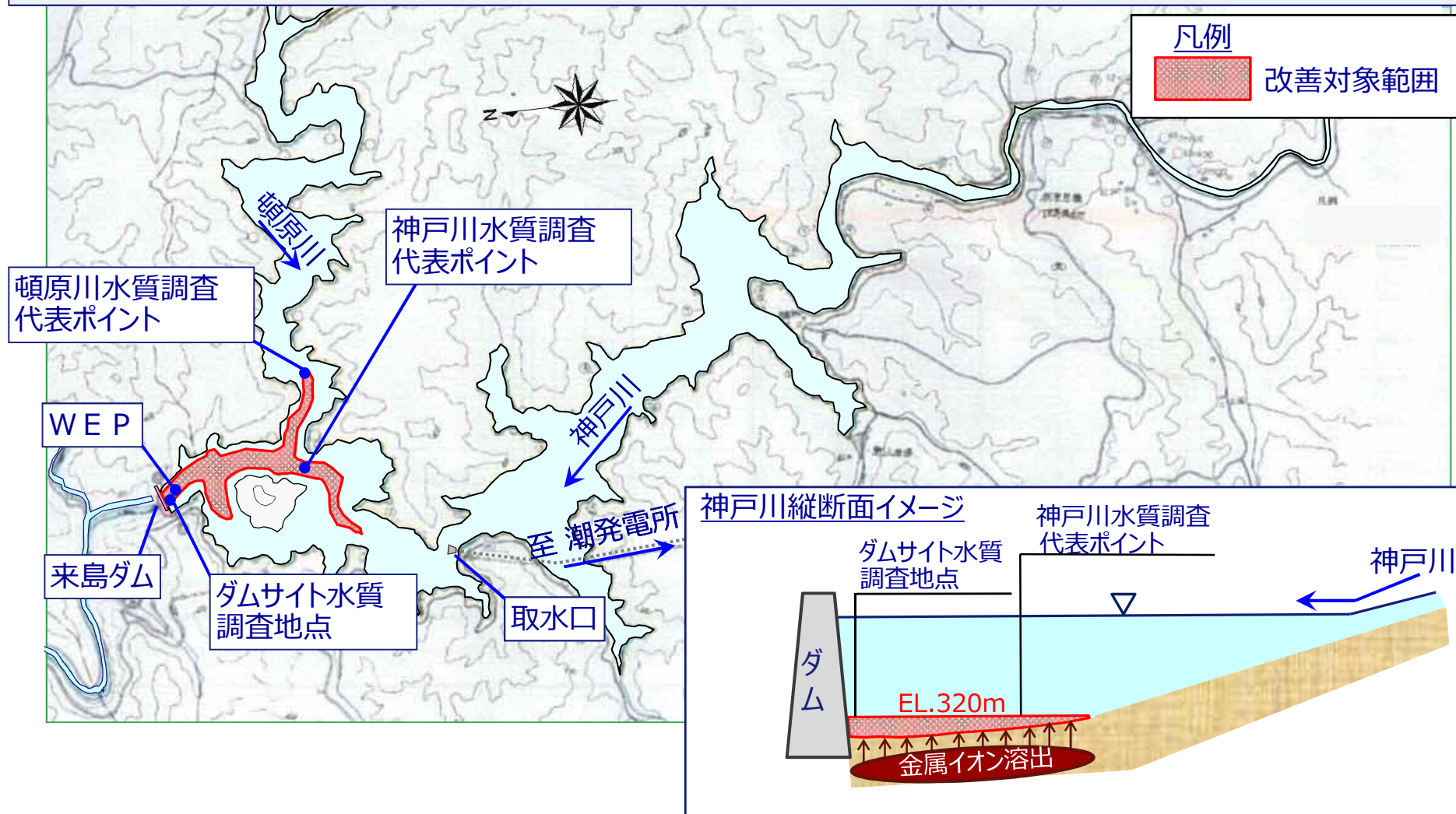
WEPによる金属溶出対策 (湖底付近の拡大イメージ)

▶ WEP概要 P17へ



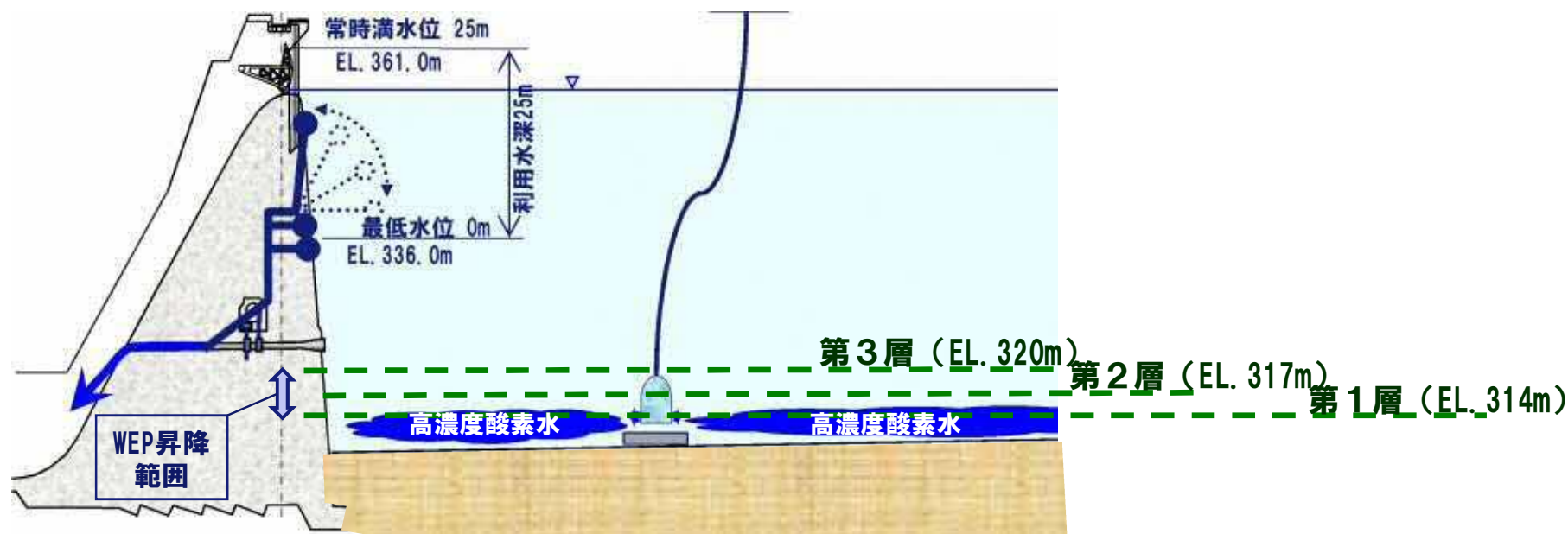
8. WEPによる改善対象範囲

- WEPによる改善対象範囲は、湖底付近（EL.320m以下）で金属イオンの溶出が顕著と想定される範囲を設定した。
- 改善効果については、改善対象範囲内の水質調査ポイントで確認する。



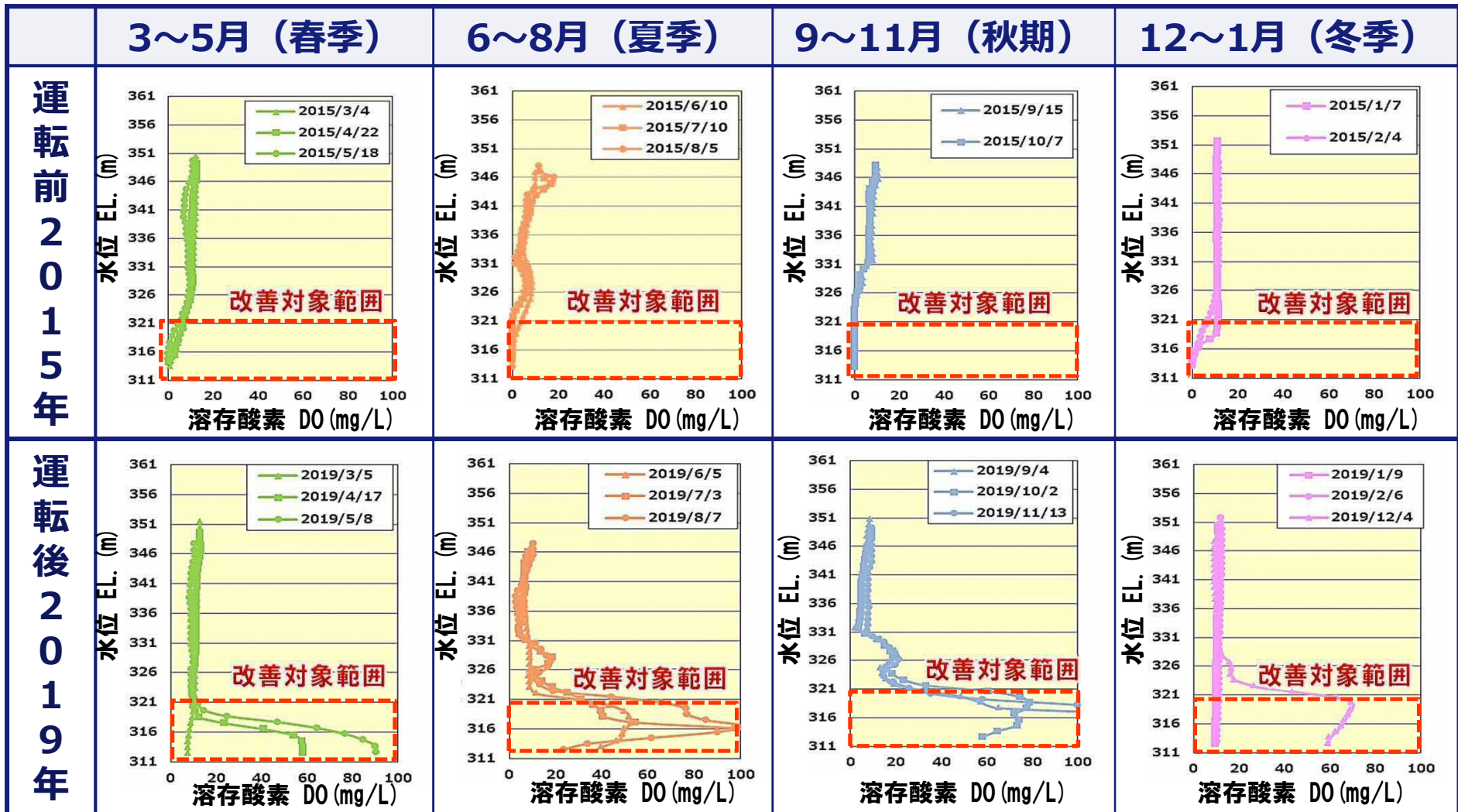
9. 2019年のWEP運転実績

2019年	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
機器の運転	運転		休	運転		休	運転		休
第3層 (EL. 320m)		3週間		2週間		2週間		2週間	
第2層 (EL. 317m)		2週間		1週間		1週間		1週間	
第1層 (EL. 314m)	6週間		4週間		3週間		3週間		



10. 改善対象範囲における溶存酸素 (DO) の改善

■ W E P 運転開始後,改善対象範囲の底層における溶存酸素※は増加し, 貧酸素状態は改善された。代表として, ダムサイトのDO状況を以下に示す。

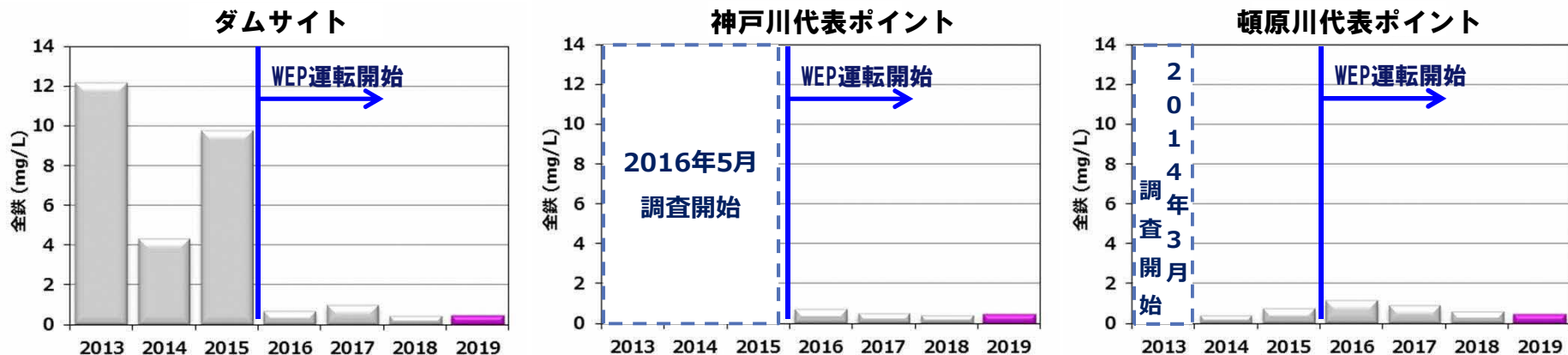


注)DOの計測レンジ (20mg/L) を超える値は参考値

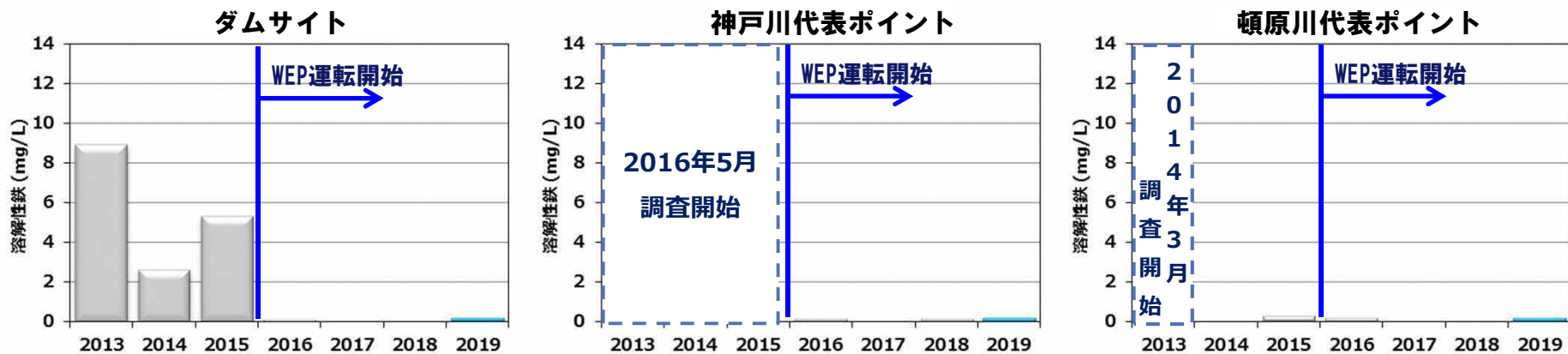
11. 底層の鉄濃度の変化【5月～11月年別平均値の推移】

■ ダムサイトにおける鉄濃度の平均値は、2016年のWEPの本運用開始以降、大幅に低下した。

①全鉄（溶解性鉄＋水に溶けていない粒子状の鉄）濃度



②溶解性鉄（水に溶け込んだ鉄イオンの量）濃度



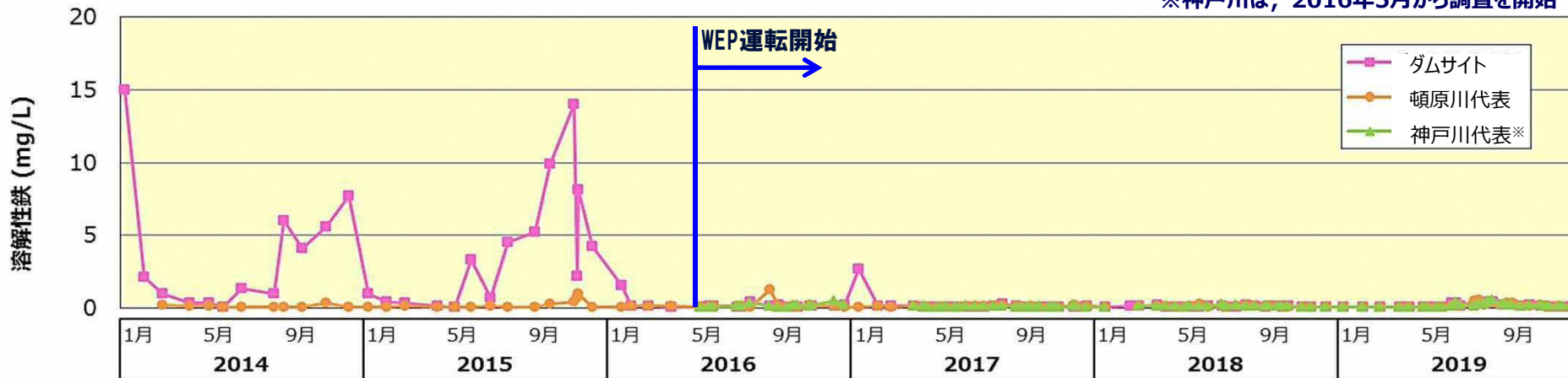
注1) 2017.10.25の頓原川・神戸川代表ポイントは、出水の影響で異常値と判断したため、平均算定より除外した。

注2) 12～4月は、大循環の影響を考慮し、平均算定より除外した。

11. 底層の鉄濃度の変化【2014年～2019年】

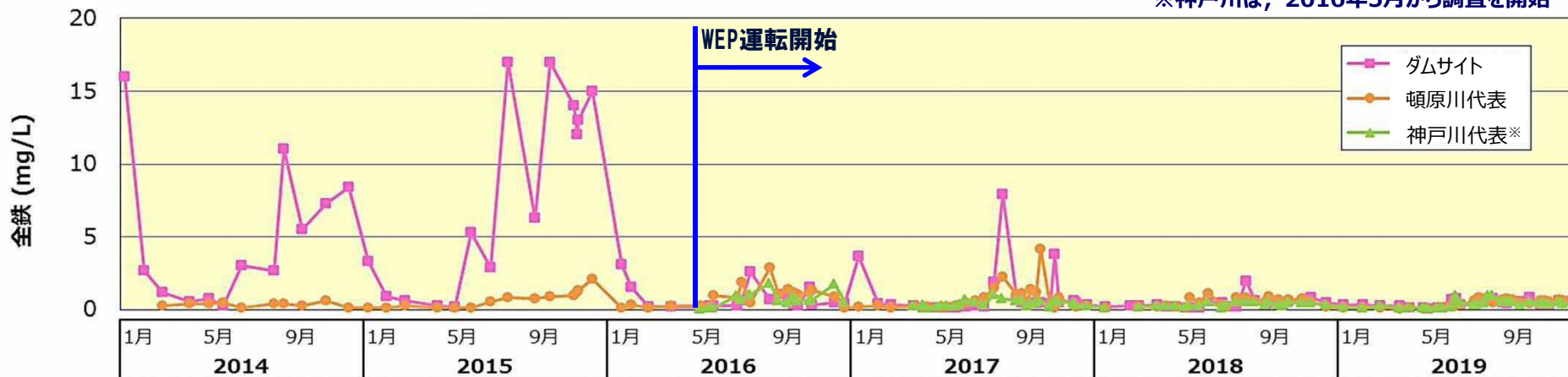
①全鉄（溶解性鉄+水に溶けていない粒子状の鉄）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始



②溶解性鉄（水に溶け込んだ鉄イオンの量）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始

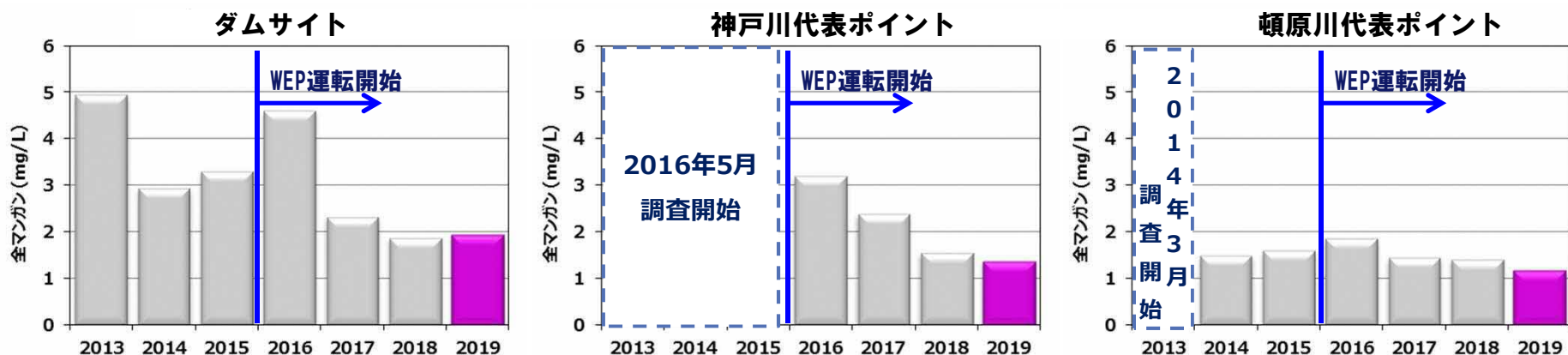


注) 定量限界値未滿は、定量限界値として集計している

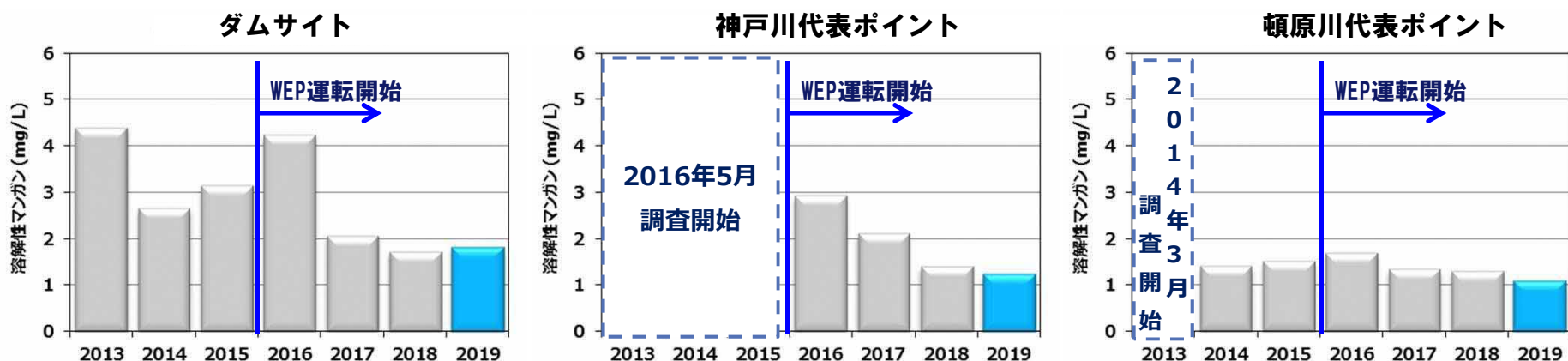
12. 底層のマンガン濃度の変化【5月～11月年別平均値の推移】

- 2019年におけるダムサイトおよび神戸川におけるマンガン濃度の平均値は、鉄と比べて低減量は小さいものの2017年頃から徐々に低下傾向を示している。

①全マンガン（溶解性マンガン+水に溶けていない粒子状の鉄）濃度



②溶解性マンガン（水に溶け込んだマンガンイオンの量）濃度



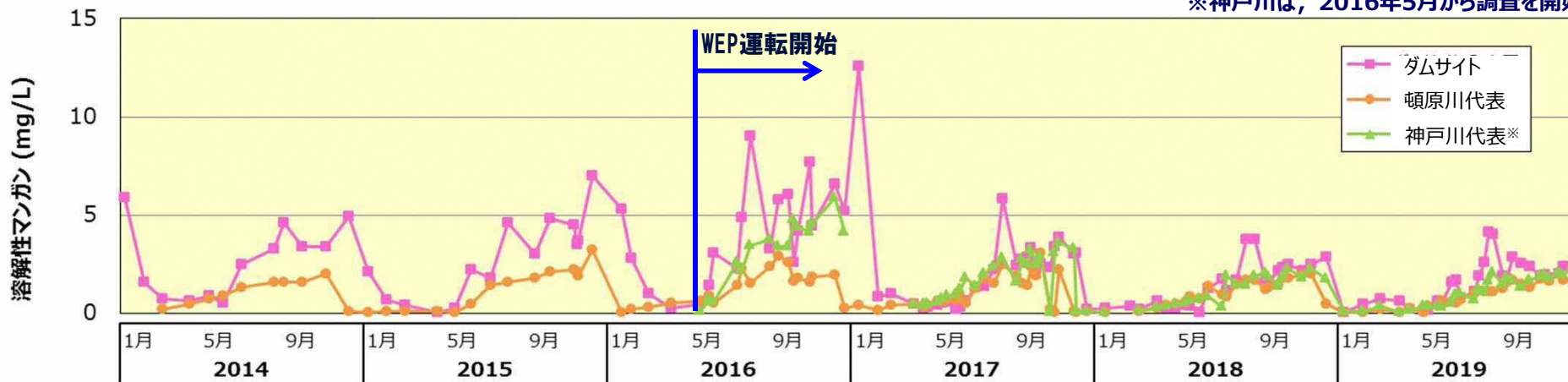
注1) 2017.10.25の頓原川・神戸川ポイントは、出水の影響で異常値と判断したため、平均算定より除外した。

注2) 12～4月は、大循環の影響を考慮し、平均算定より除外した。

12. 底層のマンガン濃度の変化【2014年～2019年】

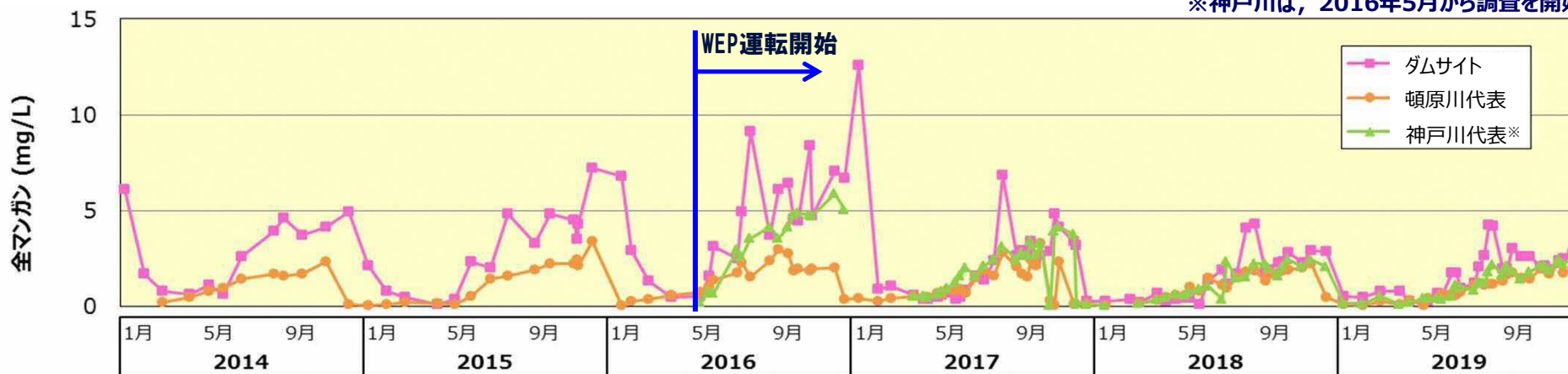
①全マンガン（溶解性マンガン+水に溶けていない粒子状の鉄）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始



②溶解性マンガン（水に溶け込んだマンガンイオンの量）濃度

※神戸川は、2016年5月から調査を開始



注) 定量限界値未満は、定量限界値として集計している

13. 今後のWEPの運転予定

- これまでのWEPの運転実績と水質調査の結果から、より効果的な運転パターンの検証をすすめていく。

2020年の運転予定※

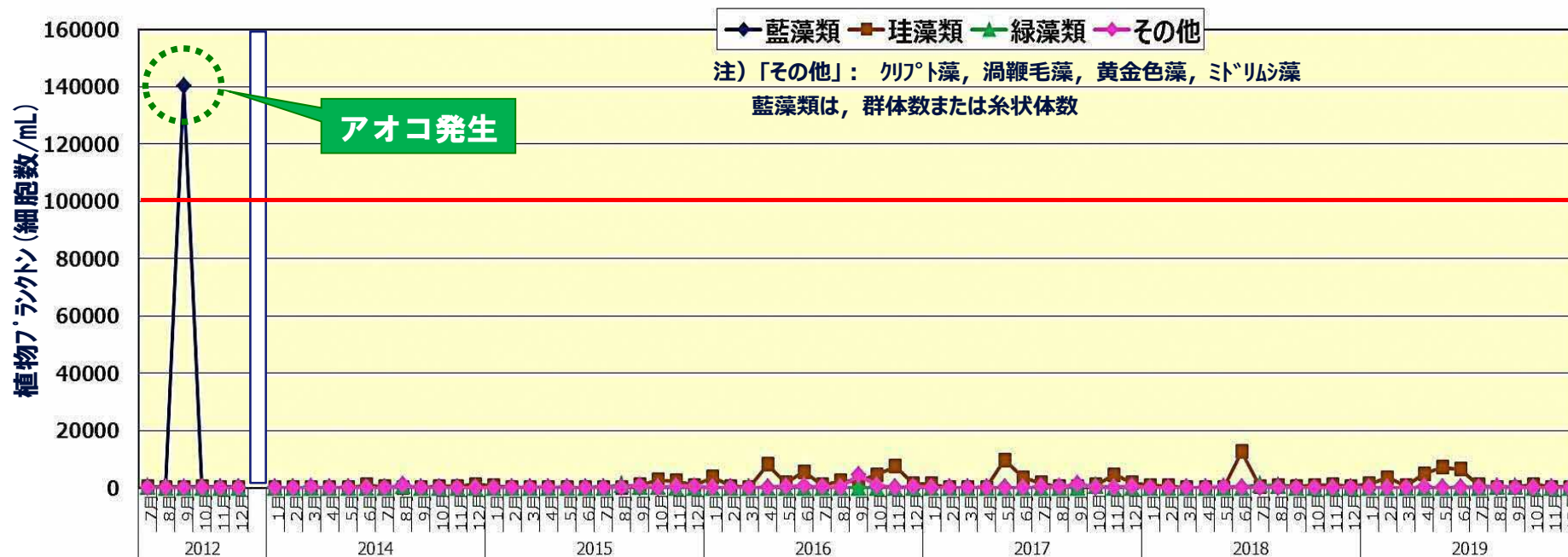
2020年	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
機器の運転	運転		2週間 休	運転	2週間 休	運転	2週間 休	運転	
第3層 (EL. 320m)		 3週間		3週間		3週間		3週間	
第2層 (EL. 317m)	運 転 し な い								
第1層 (EL. 314m)	 8週間			3週間		3週間		3週間	

※水質調査の結果等により、運転予定は見直す場合がある。

14. アオコの発生に関する調査結果 (植物プランクトンの変化)

- 2012年には、アオコの原因種となる藍藻類が優占種^{※1}として確認されたものの、その後の著しい発生は確認されていない。
- 2019年は、7月に緑色の浮遊物がわずかに確認されたものの優占種と判断できる細胞数の植物プランクトンは確認されなかった。

植物プランクトン：ダムサイト (表層)



※1 各プランクトンの種が、 10^5 以上の細胞数/mL^{※2}を超えた場合に優占種として整理している (第7回水質保全対策検討会にて定義)。

※2 参考文献: 1) 芹沢 浩 他: 相模湖と津久井湖におけるアオコ異常発生現象の数値モデル解析, 技術マネジメント研究, 2010年3月。

2) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター: アオコ情報 (No.1), 2012年6月。

(参考) WEPの概要について

