

2-4-5 二軸管理手法を用いた水質改善と省エネルギー化の 両立の取り組みの拡大について

流域下水道本部 技術部 施設管理課
 ○伊藤喜代志 島田誠一
 古澤佳世子 青木陽平
 藤井杏夕子

1. はじめに

東日本大震災以降電力使用量の削減が求められる中、東京都下水道局では3ヵ年の事業計画「経営計画2013」を策定し、水質改善と電力使用量削減の両立による地球温暖化対策のさらなる推進を目指すこととなった。その中で各水再生センター（以下、センター）における水処理施設の運転を最適化するため、電力削減と水質改善を両輪とする「二軸管理図」による管理手法を新たに導入し、平成25年度より維持管理への活用をスタートした。本報告は流域下水道本部における平成26年度の二軸管理の取り組みについて紹介する。

2. 二軸管理図による管理方法

図1に二軸管理図を示す。横軸はセンターの送風電力量を処理水量で除した送風電力量原単位、縦軸は放流水の全窒素濃度を示す。

放流水中の全窒素濃度は反応槽内における硝化状況と密接に関連し、加えて反応槽内の送風は窒素の処理を基本に行われている。また、下水処理における送風電力量は水再生センターで使用する電力量の5割近くを占めており、このトレードオフ関係を最適化するために放流水の全窒素濃度と送風電力量を二軸管理の指標とした。

二軸管理の管理方法は、図2に示すとおり、送風電力量の削減と水質改善によってベクトルが二重マルの左下方向に向かうよう運転の工夫やハード面での省エネルギー対策を進めていく「ベクトル管理」と、図3に示すとおり、7センターの加重平均値に対する相対的エリアで、評価を行う「エリア管理」がある。

エリア管理では、右上の重点改善エリアに位置したセンターについて

では、運転管理の工夫以外の水処理施設や設備等について十分な検討を行って問題点を洗い出し、必要に応じて改良工事等も含めた対策による改善に向けて検討が必要と判断する。

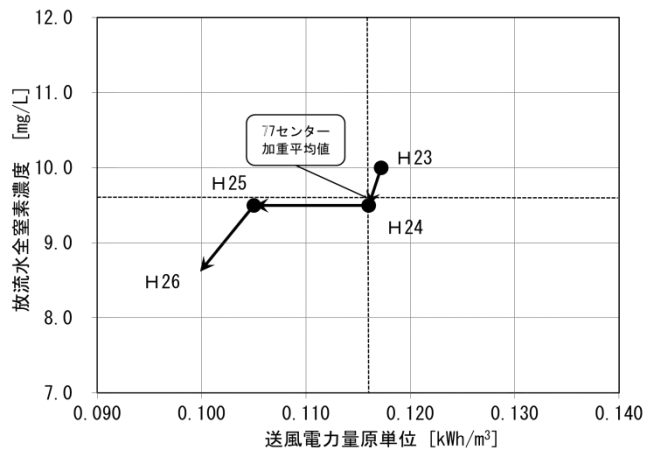


図1 二軸管理図

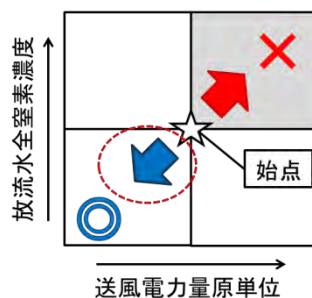


図2 ベクトル管理図



図3 エリア管理図

3. 平成 26 年度二軸管理目標値の設定の考え方

図 4 に二軸管理の目標設定のイメージを示す。平成 26 年度の目標値の設定は、平成 25 年度の実績電力量から平成 26 年度の取り組みによる電力削減見込み量（送風機の台数削減、貯留池や幹線貯留による水量平準化等の対策）を差し引くこととした。

一方、流域下水道本部内の 7 つの水再生センターでは、図 5 に示すとおり、高度処理の割合が 5 割を超えている。このため、平成 26 年度からは、送風電力量に攪拌機と硝化液循環ポンプ等の沈殿池機械電力量を加えた水処理電力量の原単位（図 6 参照）による進行管理にも取り組むこととした。

また、平成 25 年度の夏季の電力ピーク調整時（13 時から 16 時）の電力削減に重点を置いた取り組みから、平成 26 年度は年間を通した取り組みと活性汚泥の活動が活発な夏季と活動が落ちる冬季を考慮した目標設定とした。

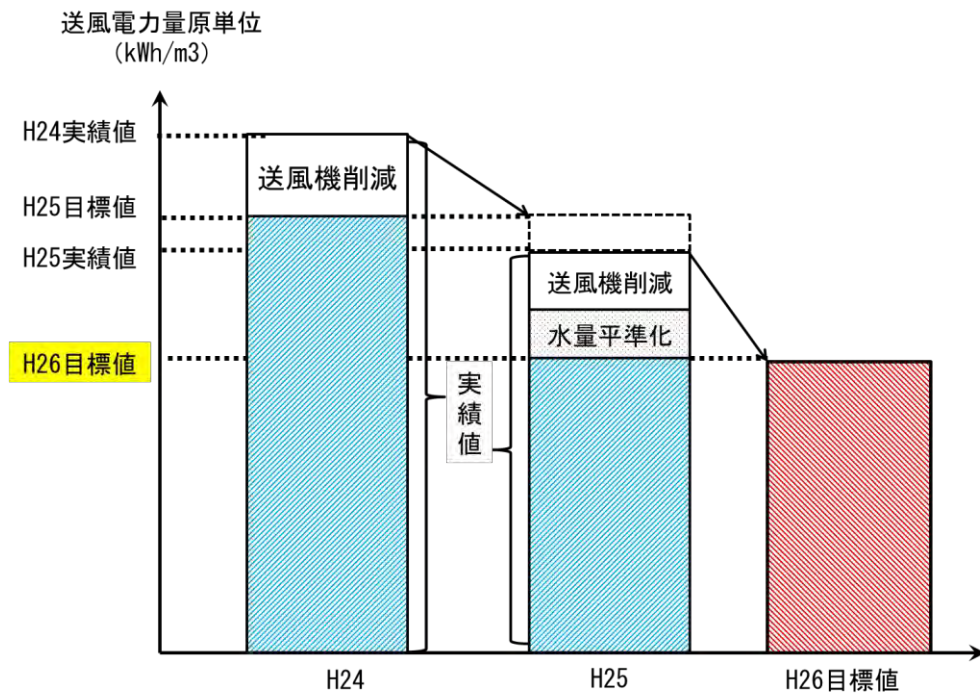


図 4 目標設定のイメージ

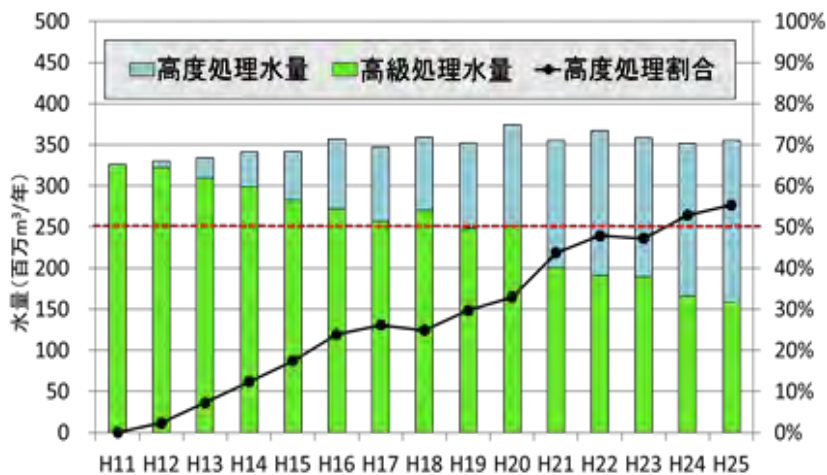


図 5 流域下水道本部内 7 センターにおける高度処理の割合

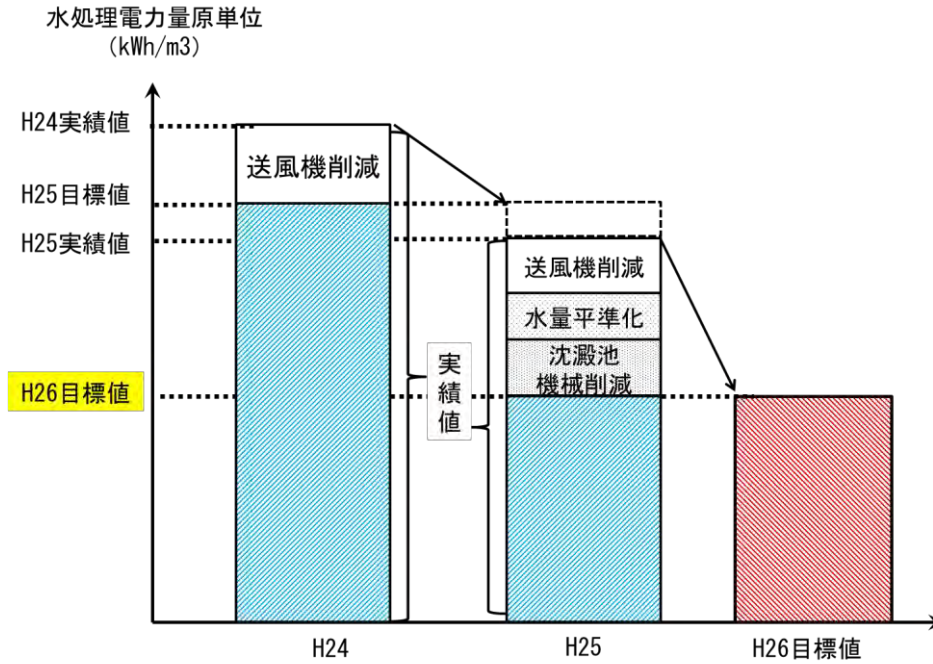


図 6 水処理電力量原単位による目標設定

平成 26 年度の電力量原単位目標設定の特徴は以下の 3 点である。

- ① 平成 25 年度実績を基準とする。
- ② 送風電力に循環ポンプ及び攪拌機、掻き寄せ機等の電力を加えた水処理電力による管理を追加
- ③ 時季別、時間別（夏季 13 時から 16 時の管理から夏季 13 時から 16 時以外、夏季以外を追加）の電力削減目標量の設定

一方、平成 26 年度の水質目標値については、流域別下水道整備総合計画の完了年度の全窒素濃度 10mg/L を基準として各センターの目標放流水質を設定した。なお、具体的には電力削減対策（送風機、循環ポンプの運転状況、工事に伴う水質影響）の取り組みから、年間目標値、上半期、下半期の全窒素濃度を試算した。

4. 平成 26 年度二軸管理目標値

4.1 平成 26 年度送風電力量原単位目標値

平成 26 年度送風電力量原単位目標値を表 1 に示す。7 センター加重平均値で、上半期 0.119 kWh/m³、下半期 0.127 kWh/m³、年間目標値を 0.123kWh/m³（平成 25 年度実績 0.124 kWh/m³ から 1%削減）とした。新たな取り組みによる送風機の電力量削減方法等について各センターと検討を行った結果、各センターの主な増減理由は、次のとおりであった。なお、表 1 の H26 年間予測値（送風電力量）は、H25 年実績値から H25 調整電力量と H26 送風機削減電力量予測を差し引いて求めた。さらに、H26 年間予測値をもとに年間、上期・下期の各目標送風電力量原単位を試算した。

【電力削減要因】

- ・ 4 月～11 月の土曜、日曜の送風機の台数削減運転
- ・ 夏季 13 時～16 時以外の電力削減運転の時間延長
- ・ 夏季以外の可能な限りの電力削減運転の延長
- ・ 散気装置の更新による送風機の電力削減

【電力増加要因】

- ・ 他センターからの送水による水量増・工事に伴う効率の悪い系列への水量増

表 1 平成 26 年度送風電力量原単位目標値の設定

	H26目標送風電力量原単位 [kWh/m ³]			H26年間予測値		H25実績値	H25調整 電力量	H26送風機削減電力量予測 [対25年度実績:kWh/年]				
	年間	上期	下期	水量 [m ³ /年]	送風電力量 [kWh/年]			13時～ 16時	13時～16 時以外	夏季以外	その他	
											削減分	増加分
北一	0.104	0.100	0.109	74,958,550	7,825,194	7,938,090	-	-	-20,580	-92,316	-	-
南多摩	0.127	0.123	0.131	44,066,540	5,576,884	5,432,110	-	-	-	-	-	144,774
北二	0.115	0.106	0.128	17,770,490	2,036,730	2,107,290	-	-	-	-70,560	-	-
浅川	0.128	0.125	0.132	29,872,280	3,835,928	3,794,180	-	-	18,032	23,716	-	-
多摩上	0.136	0.131	0.142	64,402,130	8,765,040	8,962,500	-125,020	-	-68,320	-51,240	-	47,120
八王子	0.123	0.121	0.125	40,098,580	4,939,036	4,975,100	-	-	-36,064	-	-	-
清瀬	0.127	0.123	0.130	85,269,370	10,786,985	10,998,630	-126,280	-	-	-	-85,365	-
加重平均	0.123	0.119	0.127	356,437,940	43,765,797	44,207,900	-251,300	-	-106,932	-190,400	-85,365	191,894

4.2 平成 26 年度水処理電力量原単位目標値

平成 26 年度水処理電力量原単位目標値を表 2 に示す。7 センター加重平均値で、上半期 0.178 kWh/m³、下半期 0.192kWh/m³、年間目標値を 0.185 kWh/m³とした。

水処理電力量の削減についても送風機の電力削減と同様に、各センターと検討を行い、水質への影響等を考慮した機器の停止等により削減電力量を試算した。

表 2 平成 26 年度水処理電力量原単位目標値の設定

	H26水処理電力量原単位 [kWh/m ³]			H26年間予測値		H25実績値	送風機、攪拌機、循環ポンプ等削減電力量		
	年間	上期	下期	水量 [m ³ /年]	水処理電力量 [kWh/年]		年間 [kwh]	上半期 [kwh]	下半期 [kwh]
北一	0.178	0.169	0.188	74,958,550	13,328,118	13,448,710	-120,592	-110,008	-10,584
南多摩	0.184	0.180	0.189	44,066,540	8,115,987	8,129,510	-13,523	62,031	-75,554
北二	0.164	0.152	0.179	17,770,490	2,921,146	3,046,660	-125,514	-92,021	-33,493
浅川	0.162	0.158	0.167	29,872,280	4,851,484	4,897,650	-46,166	-69,518	23,352
多摩上	0.206	0.199	0.213	64,402,130	13,246,852	13,468,130	-221,278	-142,868	-78,410
八王子	0.193	0.189	0.197	40,098,580	7,750,943	7,808,860	-57,917	-57,917	-
清瀬	0.184	0.178	0.190	85,269,370	15,694,955	16,633,650	-938,695	-397,416	-541,279
加重平均	0.185	0.178	0.192	356,437,940	65,909,485	67,433,170	-1,523,685	-807,717	-715,968

4.3 平成 26 年度水質目標

平成 26 年度の水質目標値（放流水全窒素濃度）は表 3 に示すとおり、7 センター加重平均値は、上半期 9.8mg/L、下半期 11.3mg/L、年間目標値を 10.5mg/Lとした。

表3 水質目標値（放流水全窒素濃度）

	放流水全窒素濃度 [mg/L]			影響要因	
	年間	上期	下期	①工事等	②機器の停止等
北一	9.5	9.1	10.0	-	-
南多摩	11.0	10.7	11.3	・改良工事に伴う処理施設停止 ・工事に伴う受水量増	・硝化液循環ポンプの停止
北二	10.5	10.0	11.1	-	・硝化液循環ポンプの停止 ・送風機1台削減運転時間延長(56時間/週で年間)
浅川	12.2	11.6	12.8	-	-
多摩上	10.6	10.2	11.0	-	・送風機1台削減(4台→3台)運転時間延長(10月～11月)
八王子	11.9	11.4	12.4	-	・効率の悪い3-1系を6月以降9月まで停止 ・10月以降硝化に影響が無いまで停止を継続
清瀬	10.0	9.6	10.4	-	・送風機大1、小2運転時間延長の取組み
加重平均	10.5	9.8	11.3	-	-

5. 平成26年度二軸管理実績値

5.1 ベクトル管理

平成24年度から平成26年度までの送風電力量原単位と放流水全窒素濃度の実績を図7に、水処理電力量原単位と放流水全窒素濃度の実績を図8に示した。流域下水道本部内7センターは二軸管理の目標達成に向け、送風機台数削減運転の取り組み時間の延長、水温低下による活性汚泥の状況や放流水質を確認しながら可能な限り年間を通じた送風機の台数削減運転に取り組んだ。その結果、図7中の破線（7センター加重平均値）の交点☆から実線（7センター加重平均値）の交点☆に引いた破線矢印へと変化し、送風電力量原単位は目標値0.123 kWh/m³に対して実績0.116 kWh/m³と約6%の削減となった。

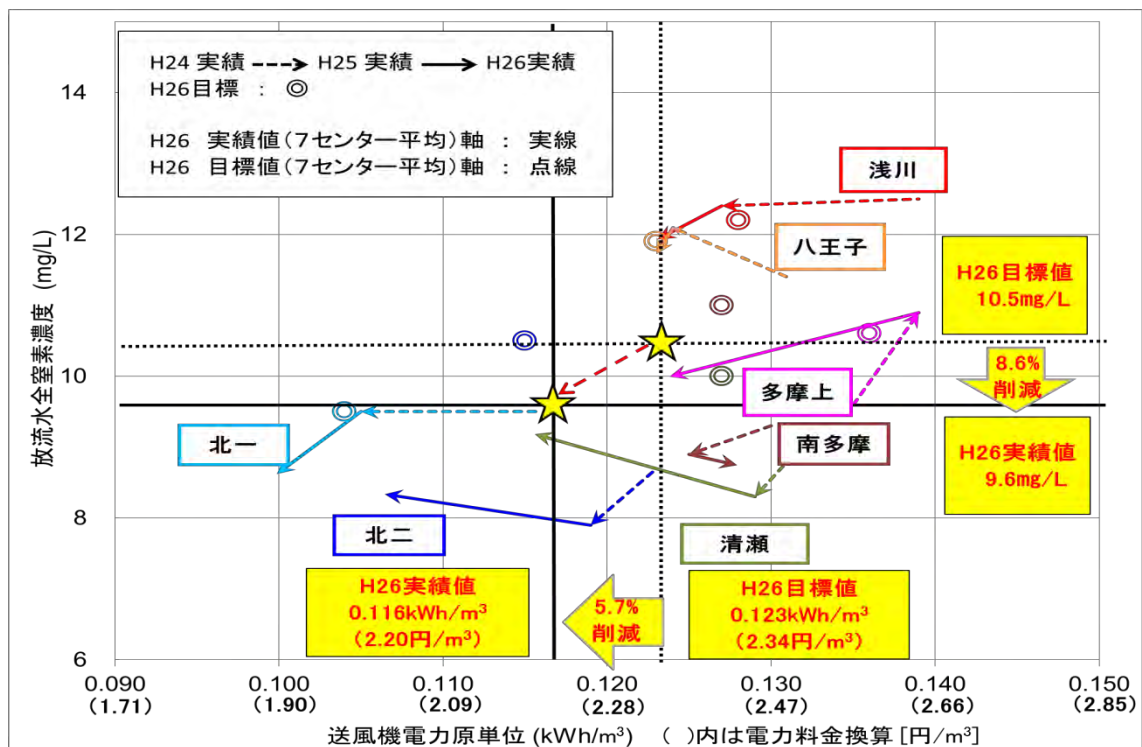


図7 平成26年度二軸管理実績
（送風電力量原単位）

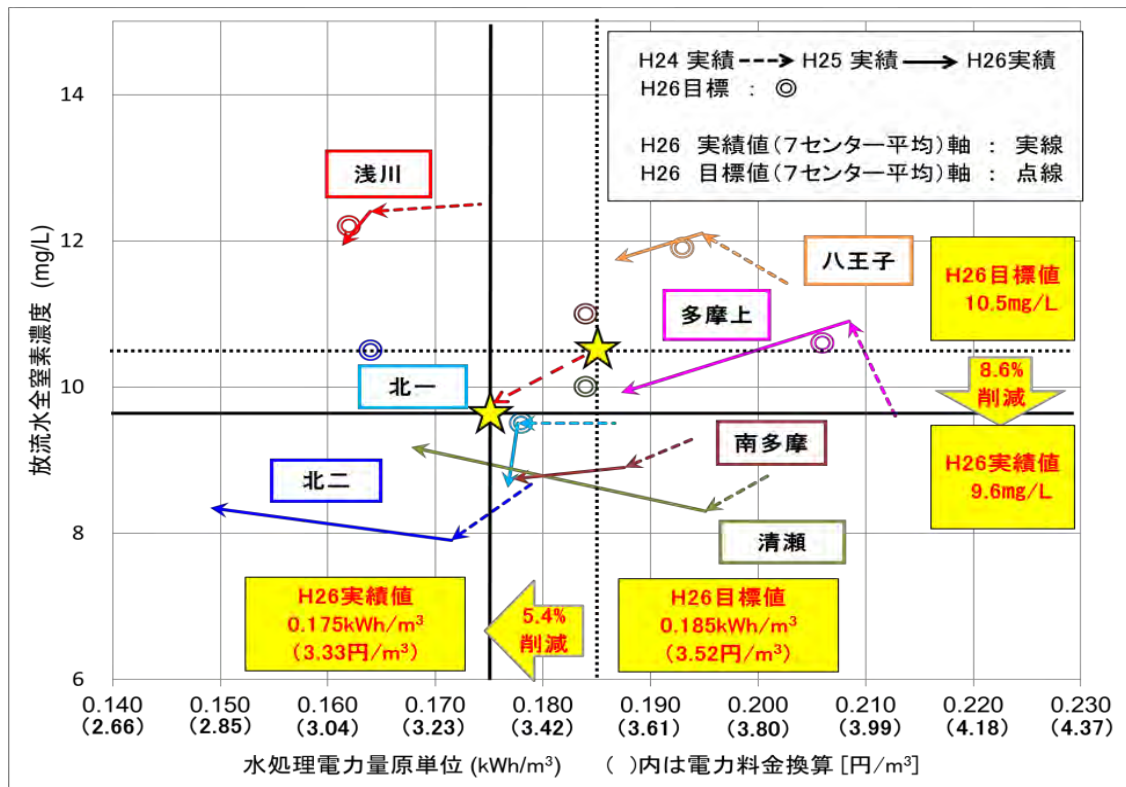


図8 平成26年度二軸管理実績
(水処理電力量原単位)

また、平成26年度から新たに取り組んだ水処理電力については、高度処理施設の嫌気槽、無酸素槽の攪拌機について槽内のスカム堆積によるりん濃度の状況を確認しつつ可能な限り停止した。さらに、硝酸性窒素の脱窒のための硝化液循環ポンプについては、各反応槽内や放流水中のアンモニア濃度や全窒素濃度を確認するなど可能な限り10月以降も取り組みを継続してきた。こうした取り組みの結果、送風電力量原単位と同様に目標値0.185 kWh/m³に対して実績値0.175 kWh/m³と約5%の削減(図8参照)となっており、水質についても目標水質10.5mg/Lに対して9.6mg/Lと目標を達成できた。なお、参考として、横軸に電力料金換算(1m³を処理するために使われる電力料金)を併記した。このことで原単位の低下が電力費の低下につながることを「見える化」でき、職員のコスト意識を高めている。

5.2 エリア管理

平成26年度の各センターの二軸管理実績が、全センターの加重平均値を中心に置いたグラフ上でどのエリアに属するかを明らかにしたエリア管理図で評価することにより、センター間の比較、必要な改善策及び優先順位などが明確になった。具体的には、送風電力量原単位及び水処理電力量原単位のエリア管理図(図9、10参照)において、重点改善エリアに属する多摩川上流水再生センターは、電力原単位が高く、八王子水再生センターについては、原単位と全窒素濃度どちらも平均を上回っている。また、送風電力量原単位におけるエリア管理図で、重点改善エリアに属する浅川水再生センターは、全窒素濃度が高く、平均を上回っている。

これらの3センターについては、計画的に改善策を進めていく予定である。多摩川上流水再生センターは、原単位削減のため、高効率の散気設備と送風機の小型化などを図る予定である。八王子水再生センターには、DO制御に替わる送風制御システムとしてアンモニア計を活用したアンモニア制御を導入し、水質と電力の両面で改善を図る。浅川水再生センターでは、一つの槽内で硝化と脱窒を同時に行う処理法である「新たな高度処理」の導入を進めている。

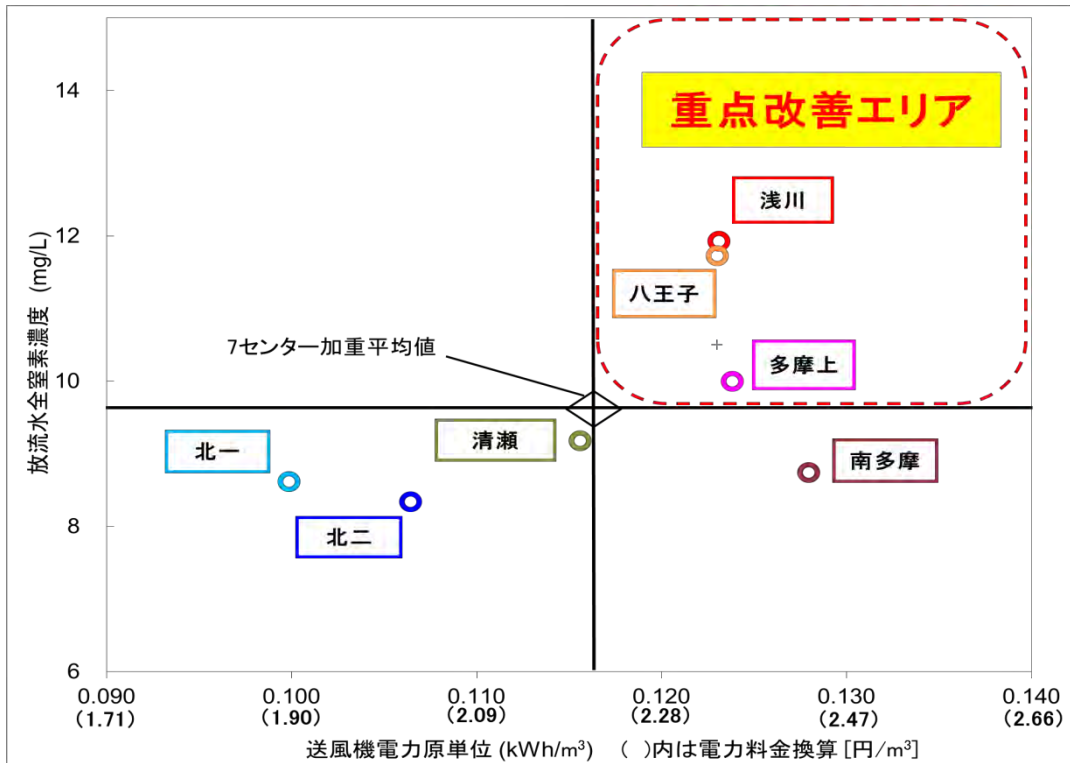


図9 平成26年度二軸管理実績
(送風電力量原単位 エリア管理図)

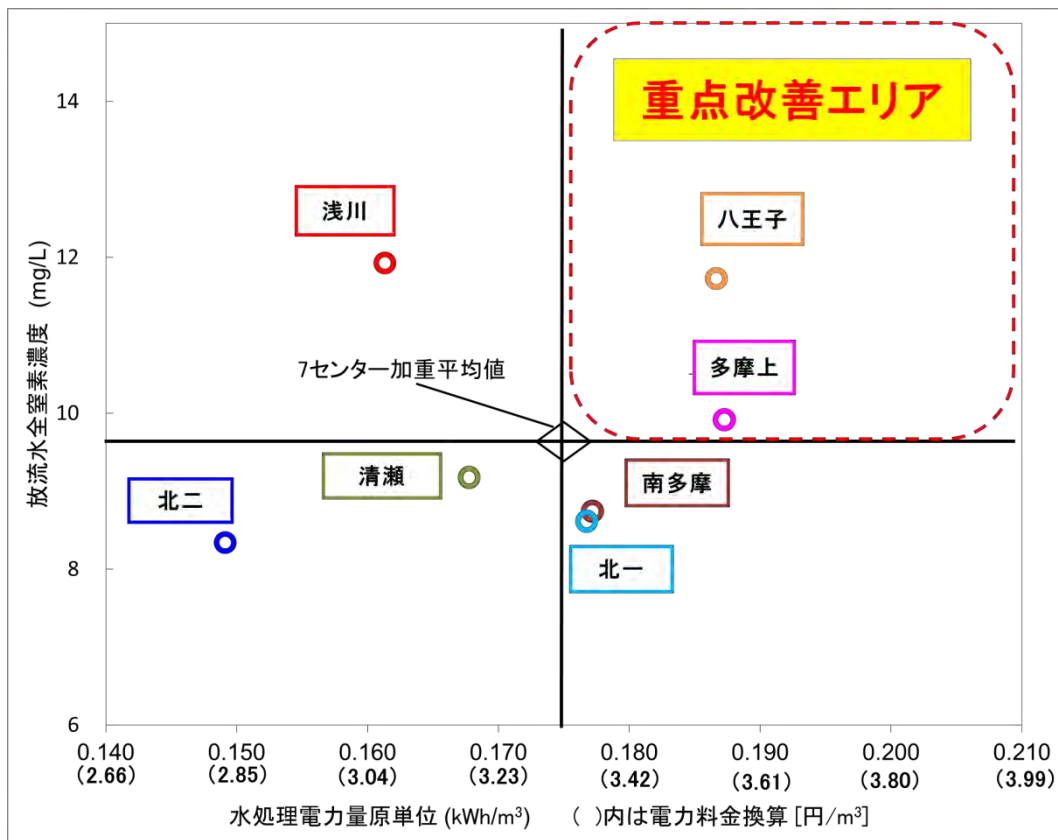


図10 平成26年度二軸管理実績
(水処理電力量原単位 エリア管理図)

6. まとめ

流域下水道本部では、平成 26 年度からチャレンジとして新たに水処理電力量原単位による二軸管理に取り組んだ結果、放流水の水質改善と電力量削減の両立につながる成果を「見える化」できた。

また、全てのセンターをエリア管理図上で比較することで各センターの特性や課題も明確となり、今後の設備導入等の参考となる知見も得られている。以上、流域下水道本部では、今後も、現場の維持管理を効果的に進めるツールとして引き続き二軸管理の活用を図っていく。