

RM-01「省エネルギー水質浄化法である伏流式人工湿地ろ過システムの岩手県内での普及のための基礎事例の整備」

研究代表者：総合政策学部 辻盛生

研究チーム員：加藤邦彦（農研機構東北農業研究センター）

<要 旨>

本研究では、省エネルギー排水処理法である伏流式人工湿地ろ過システムを用いた事例を対象に、岩手県内における普及を目指し、モデルケースとして排水処理効果の評価を行った。対象は酪農搾乳施設の比較的濃度の高い有機性廃水であり、活性汚泥法と人工湿地を組み合わせた処理である。平均酸化能力は、人工湿地1が58g/m²/day、湿地2が34g/m²/dayであった。さらに電力消費量は活性汚泥法の1/33であり、人工湿地の省エネルギー性能が明らかになった。

1 研究の概要（背景・目的等）

伏流式人工湿地ろ過システム（以下「人工湿地」）は、省エネルギー型の排水処理法として普及が期待されている。人工湿地排水処理法は、古くから知られる技術であるが、近年開発された間欠的に鉛直方向に排水を流し込む方式（VF式人工湿地）によって、有機物の酸化分解やアンモニアの硝化に大気中の酸素が活用可能になったことで酸化能力が格段に向上した。これによって、今までの湿地処理や植栽水路では困難とされた高濃度の排水処理が可能になった。このことは、厳しい価格競争にさらされることから排水処理にコストをかけづらい畜産業などの高濃度有機性廃水の問題を抱える業界において、排水処理の新しい可能性を示す。このような高濃度有機性排水に対しては、今までは、エネルギー消費の多い活性汚泥処理が中心であり、初期コストだけでなく、ランニングコストが課題となっていた。

ここでは、既設の簡易的な活性汚泥処理に人工湿地を組み合わせた排水処理施設における運用初期の処理特性について報告する。

2 研究の内容（方法・経過等）

岩手県花巻市に位置する2014年12月に竣工した酪農パーラー排水処理施設を対象とした。搾乳頭数は約160頭、平均日排水量は7.6m³である。調査期間は2014年12月～2016年4月までの間（n=19）とした。流入水の平均濃度は、BODが約631mg/L、SSが約241mg/L、T-Nが約89mg/L、T-Pが約18mg/Lであった。

排水処理施設の構成は、直径1.5m、深さ約1.5mのばっ気槽6基からなる活性汚泥排水処理施設を挟む形で、上流側に40m²のVF式人工湿地（湿地1）、下流側に約15m²のVF流式人工湿地（湿地2）を備えた（図1）。湿地1、湿地2共に、表層に堆積する有機物の乾燥による酸化分解を促進する目的でバイパス構造を備え、表層に必要以上の水の滞留が生じない構造とした。また、表層には水に浮かぶ素材である発泡ガラス（スーパーソル）を敷設し、浮遊する有機物の偏在を防止した。湿地1は、ろ材に80-0の砕石を用い、ヨシを植栽した。また、堆積す

る有機物の酸化分解を促進する目的で、湿地1の表層を二分割し、4月中旬から11月上旬までの間は概ね1週

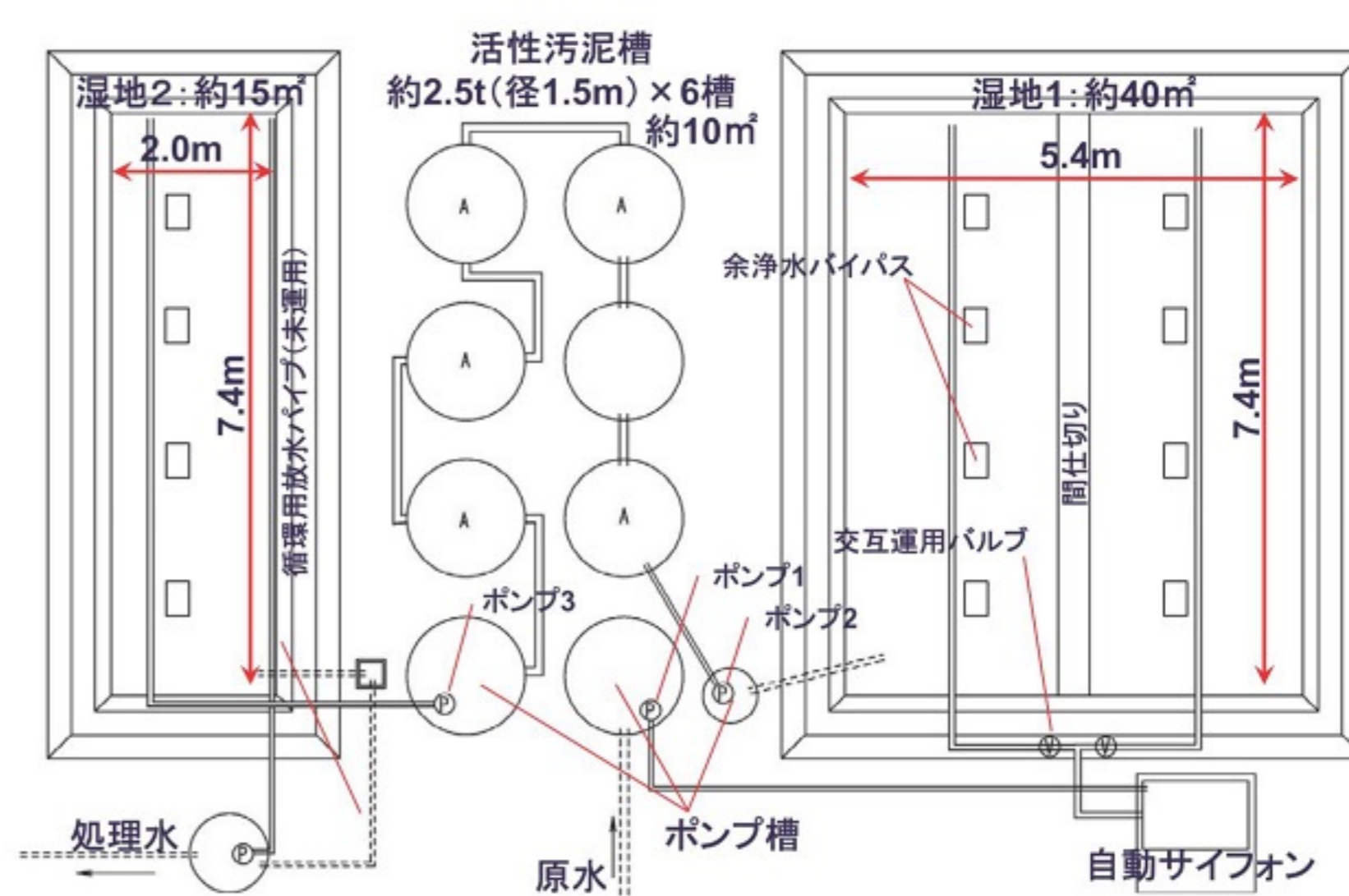


図1 施設の構成図

間毎の交互運用を行った。それ以外の時期は、全面に汚水を散布した。湿地2は、交互運用は行わず、全面に散布した。ろ材は80-0の砕石を用いたが、面的に広がらずに透過していたことから、8月に表層約10cmを細粒の火山砂に置換し、カサスゲを中心とする湿生植物を混植した。

活性汚泥法は、各ばっ気槽にカキ殻の接触担体を投入し、580Wのプロワで常時ばっ気運用を行った。人工湿地は、湿地1流入、湿地2流入において、フロートスイッチ制御の700Wのポンプを通水時のみ運用した。

水質調査は、原水、湿地1処理水（活性汚泥法流入水）、活性汚泥法処理水（湿地2流入水）、湿地2処理水の4カ所で行った。有機物の酸化分解およびアンモニアの硝化に関する酸化能力（浄化能力）の比較をOTR値に基づいて行った。OTRは有機物、アンモニアの酸化に消費される1m²あたりの酸素量を示し、 $OTR = ((BOD_{in} - BOD_{out}) + 4.3(NH_4-N_{in} - NH_4-N_{out})) \times 流入水量 / 湿地面積$ で表される。

さらに、消費電力量を確認するために、人工湿地の各く揚水ポンプの稼働時間と稼働時の電流、常時運転である活性汚泥槽のプロワ稼働時の電流の測定を行った。

3 これまで得られた研究の成果

処理水の水質を表1および図2に示した。BOD値は、湿地1処理水で363mg/L、活性汚泥処理水で170mg/L、最終処理水である湿地2処理水で126mg/Lとなった。処理水のT-N平均値は44mg/L、T-Pは6mg/L、SSは56mg/Lであった。SSは、湿地1処理水における平均濃度で約6割の減少率となった。湿地1の表層には、濾過された固形有機物が堆積している状況が確認されたことから、比較的粒径の大きい有機物の多くは湿地1で取り除かれたと考えられる。活性汚泥槽においては、比較的粒径の小さい有機物や溶存態の有機物が処理されたものと考えられる。1日辺りの酸化能力は、湿地1が2319g/day、活性汚泥が1610g/day、湿地2が513g/dayであった。このことから、全体の約52%を湿地1で処理し、活性汚泥法は約36%、湿地2が約12%の割合で酸化処理を行っていることが評価できる。単位面積当たりの酸化能力を示すOTRの平均値について見ると、湿地1が58g/m²/day、活性汚泥処理151g/m²/day、湿地2が34g/m²/dayであった。活性汚泥法は、単位面積当たりの処理能力が高いことから、OTR値が高い傾向が見られた。なお、欧米における人工湿地の標準的なOTRが28g/m²/dayとされていることから、高い酸化能力を発揮しているといえる。単位面積当たりの負荷量と酸化能力の関係(図

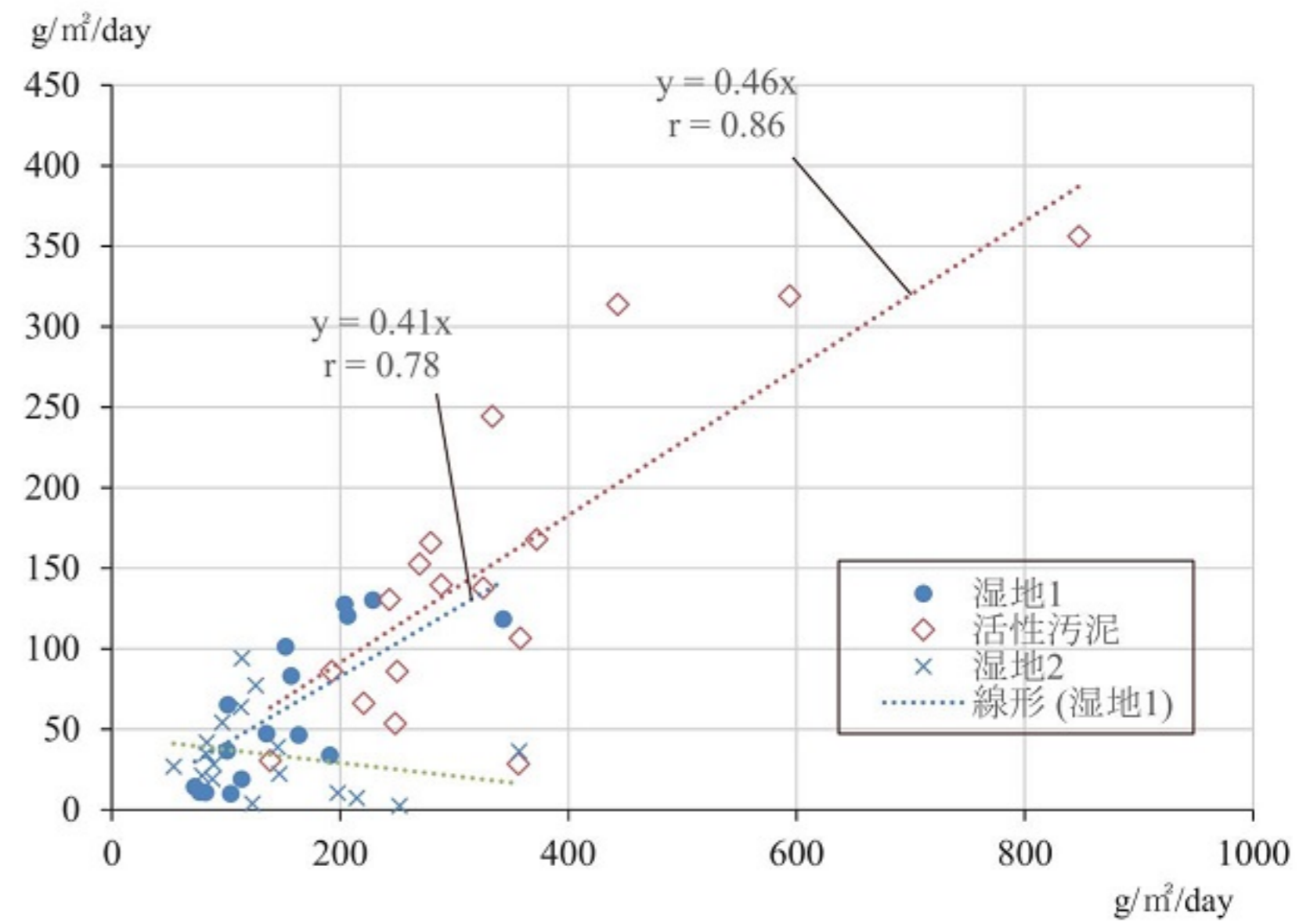


図3 単位面積当たり負荷量と酸化能力(OTR)の関係

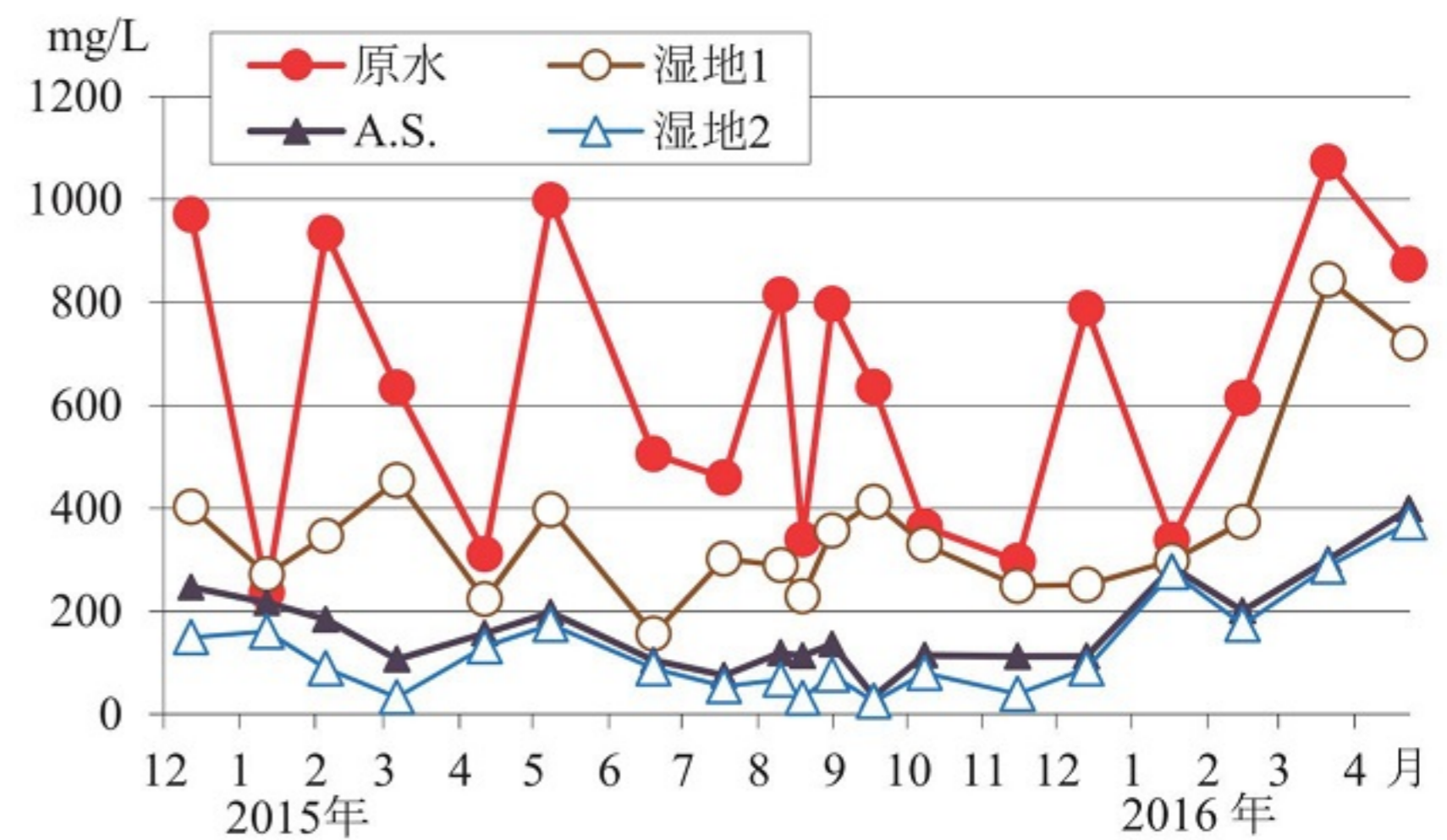


図4 BOD値の推移

表1 水質項目毎の各水質および減少率

項目	単位	流入水	湿地1処理水		A.S.処理水		湿地2処理水		全体減少率
			値	減少率	値	減少率	値	減少率	
BOD	mg/L	631.0	363.0	42.5	170.0	53.2	126.3	25.7	80.0
T-N	mg/L	89.0	53.1	40.3	48.7	8.3	43.9	9.9	50.7
NH ₄ -N	mg/L	24.9	18.4	26.1	18.6	-1.1	14.5	22.0	41.8
NO ₃ -N	mg/L	0.3	1.0	-192.4	0.9	6.0	4.1	-336	-1099
T-P	mg/L	17.8	9.3	47.8	7.0	24.7	6.0	14.3	66.3
SS	mg/L	240.5	97.6	59.4	75.4	22.7	55.9	25.9	76.8
濁度	FTU	149.7	80.2	46.4	61.6	23.2	56.5	8.3	62.3
EC	mS/m	89.3	71.8	19.6	66.2	7.8	62.9	5.0	29.6
DO	mg/L	5.2	3.3		2.0		4.7		
pH		7.5	6.8		7.4		7.3		
ORP	mV	128	-7		-9		35		

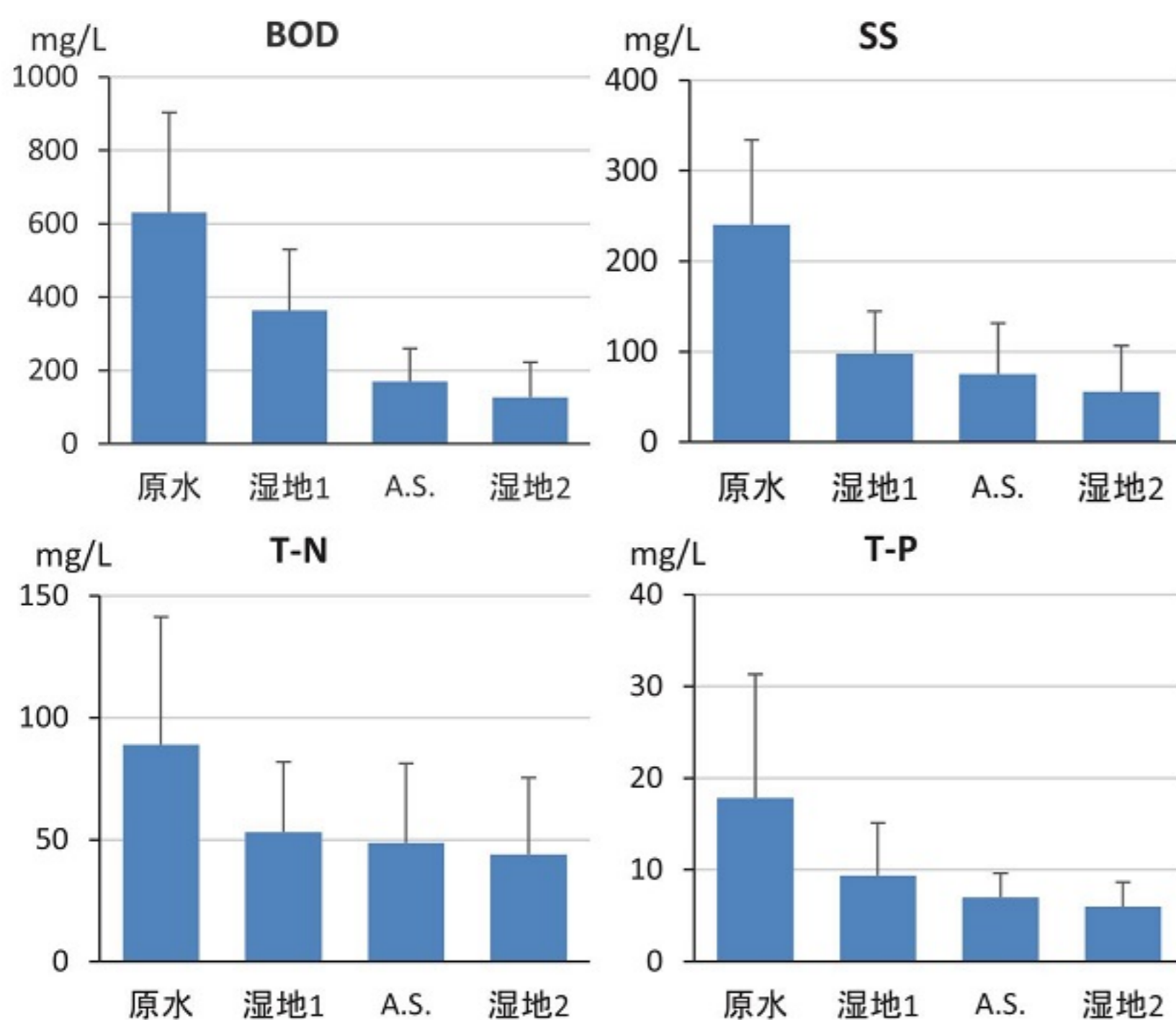


図2 水質項目毎の処理水比較(エラーバーは標準偏差を示す)

3)を見ると、回帰直線の傾きから、湿地1および活性汚泥においてはやく4割程度の除去率が期待できるといえる。一方、湿地2においては、回帰直線の傾きは負の値を示した。これは、8月に交換した表層のろ材の粒径が細かすぎたこと、流入水のBOD値が高めに推移する傾向が見られた(図4)こと、通水性を改善する植物の定着が十分ではなかったことなどが要因となり、冬期間の処理が進まなかったことによると考えられる。

消費電力量では、人工湿地が約29.2Wh、活性汚泥法が612Whであり、さらに、単位OTR(浄化能力)当たりの消費電力量で比較すると、人工湿地が0.28Wh/g、活性汚泥法が9.15Wh/gであった。したがって、単位OTR当たりの消費電力量で比較すると、人工湿地は約1/33の消費電力量で活性汚泥法と同等の処理能力の発揮が可能であるといえる。

4 今後の具体的な展開

本施設においても人工湿地は良好な浄化効果を確認した。有機汚濁の処理が冬期から春期にかけて不安定な傾向が見られたが、負荷量が想定よりも多かったことが主因と考えられる。省エネルギー排水処理システムとして、県内での普及のためのモデルケースを目指し、より確実な除去効果を得るために湿地の増設を検討中であり、継続して調査を実施していく予定である。