

積雪寒冷地における河川用機械設備の維持管理手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：片野浩司、山口和哉、田中隆夫
永長哲也、岸寛人

【要旨】

河川用機械設備は、その多くが建設後 30 年から 40 年を迎え、老朽化の進行に伴う信頼性の低下、それを回復するための維持管理費用の増加が問題となっており、設備の延命化や信頼性を確保しつつ効率的で効果的な維持管理が求められている。

本研究は、積雪寒冷地の河川用機械設備の劣化状況や環境条件、運用実態等の現地調査を行い、簡易で的確な劣化判断手法と維持管理手法、及び冬期稼働に適した構造や運用・維持管理技術について検討を行うものである。

平成 25 年度は、潤滑状態が厳しいと評価された樋門開閉器ベアリングの損傷状態と潤滑油分析の関係を調査するとともに、簡易な潤滑油診断手法として検討しているメンブランパッチ色相と潤滑油計数汚染度の関係について分析した。その結果、メンブランパッチ色相が劣化傾向の診断要素となり得ることがわかった。

キーワード：河川用機械設備、維持管理、樋門開閉装置、潤滑油

1. はじめに

河川に設置されている樋門は、治水設備であり、設備が故障しその機能を失った場合、浸水被害により国民の生命、財産に影響を及ぼす恐れがあり、社会的経済的影響が大きい設備である。また、通常時は待機状態で運転されていない設備（待機系設備）であるが、出水時には確実に機能しなければならない。したがって、日頃の維持管理が重要となる。特に積雪寒冷地においては設置環境も厳しく通常の機械設備とは異なった特性を有している。

これまで建設されてきた樋門設備の多くが、建設後 30 年から 40 年を迎え、老朽化への対応が課題となる設備も年々増加し、維持管理費用も増加すると考えられる。

しかし、公共事業費は年々削減されている現状にあり、設備の信頼性を確保しつつ効率的、効果的な維持管理が必要となる。

本研究は、積雪寒冷地の河川用機械設備の劣化状況や環境条件、運用実態等の現地調査等を行い、簡易で的確な劣化判断手法と維持管理手法及び冬期稼働に適した構造や運用・維持管理技術について分析、検討を行うものである。

これにより、積雪寒冷地における河川用機械設備の延命化、稼働の信頼性の向上、維持管理コストの縮減

に寄与するものである。

平成 25 年度は、河川用機械設備の追跡調査として、潤滑油の分析や開閉装置ベアリングの状態調査を行い、また、メンブランパッチの色相と計数汚染度との関係を分析し、更に冬期間の門柱レスゲートの状況調査を行った。

2. 機械設備の維持管理について

2.1 予防保全と事後保全（保全の分類）

J I S では信頼性用語のなかで保全とは「アイテムを使用及び運用可能状態に維持し、又は故障、欠陥などを回復するための全ての処置及び活動」と規定されている。また保全は、予防保全と事後保全に大別される（図-1）。

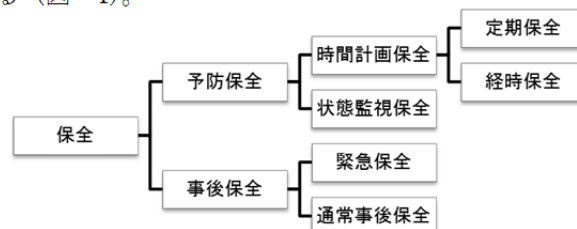


図-1 保全の分類

予防保全とは、設備の使用途中での故障を未然に防止し、設備を使用可能状態に維持するために計画的に行う保全をいう。予防保全には時間計画保全と状態監視

保全があり、時間計画保全は、保全スケジュールに基づく予防保全の総称で、時間基準保全（TBM）とも言われる。計画的に実施する定期点検や定期整備は、時間計画保全となる。

一方、状態監視保全（以後、「CBM」という。）は、設備使用中の動作確認、劣化傾向の検出等により動作値及び傾向を監視して予防保全を実施することをいう。CBMは、劣化状態を定量的に傾向把握し、劣化の進行を予測し機械設備が故障する前にメンテナンスを行うものである。データの精度の問題もあるが、メンテナンスコストや故障損失を最小に抑えることが期待できる。

事後保全とは、設備が故障した後に使用可能状態に回復する保全であり、通常事後保全と緊急保全に分類される。通常事後保全とは、管理上、予防保全を行わないと決めた機器の故障に対する処置をいい、緊急保全とは、予防保全を行っている機器等が故障を起こした場合に対する措置をいう。

河川用ゲート設備点検・整備・更新マニュアル（案）（平成20年3月 国土交通省 総合政策局 建設施工企画課、河川局治水課）によれば、樋門は設備区分Ⅰ（高）予防保全対応の設備となり、重要度が最も高い分類となる。また、樋門の開閉装置は設備機能に致命的な影響を与える機器に位置づけられており、故障が発生した場合、樋門の基本機能を確保できなくなる。

開閉装置のほとんどは潤滑油を使用しているが、定期点検時の管理基準がなく、目視による量と水の混入の有無の判断のみといった状況である。

2.2 トライボロジーを活用した設備診断

トライボロジーとは、「相対運動しながら互いに干渉しあう二面、ならびに関連した諸問題と実地応用に関する科学と技術」と1969年OECD（ヨーロッパ経済協力機構）の研究会にて定義され、機械の信頼性、耐久性、経済性に大きく影響する潤滑、摩耗、摩擦の問題を機械工学、化学、材料学等の関連分野を通じて扱う技術分野である。保全の分野においても、潤滑油の量や温度を測定するといった「メンテナンストライボロジー」が多くの保全現場で実施されている。

トライボロジーを活用した設備診断技法である潤滑診断は、回転機器等の潤滑油中の摩耗粒子等が軸受け等の表面損傷と表裏の関係にあることに着目して、潤滑油を詳細に分析することにより機械設備の健全性を評価する技術である。潤滑診断の分析要素は潤滑油の劣化、潤滑油の汚染、軸受等の摩耗の三点である。

そこで、樋門の開閉装置の維持管理において、潤滑診断の適用性について検証した。

なお、最近では機械設備を安全に運転し続けるために、設備そのものを劣化させないことが重要であるとの考え方からプロアクティブ保全も提唱されている。

プロアクティブ保全とは、前述の予防保全のように設備の劣化を検知し、それに対応して機能を維持回復させるのではなく、劣化の根本要因の排除により設備の劣化遅延、長寿命化を目指す保全方式である。この保全方式には、図-2に示すとおり、油分析法つまり潤滑油の管理が有効である。

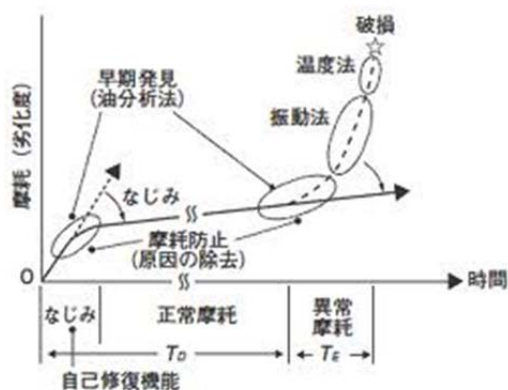


図-2 摩耗劣化カーブと診断法

3. 河川用機械設備の劣化に関する追跡調査

平成25年度は、樋門の点検現場で簡易に計数汚染度を判別する方法として潤滑油の色を用いた手法について検討を実施した。また汚染度の高い樋門開閉装置を分解し、ベアリングについて精密分析を実施し、ベアリングの損傷状態と潤滑油との相関関係について分析を実施した。

3.1 追跡調査箇所の選定（樋門開閉装置の潤滑油）

平成24年度に現地調査を実施した、全道22樋門（北海道開発局が管理する河川用樋門設備）のうち14樋門を選定し、追跡調査を実施した。対象樋門は、潤滑状態が厳しいと評価された樋門開閉装置を選定した。図-3に追跡調査対象樋門箇所図を示す。

3.2 樋門開閉装置の潤滑油状態追跡調査

選定した調査対象樋門の開閉装置の潤滑油を採取し潤滑油の劣化、汚染、潤滑状態（摩耗）について分析を行った。

3.2.1 潤滑油の採油箇所及び採油方法

樋門開閉装置は、設置箇所において種々の型式がある。代表的な開閉装置を写真-1に示す。採油箇所、採油方法、採油量は平成24年度と同様とした。

採油箇所は、メインギヤボックス、可逆装置、スタンドボックスの3箇所を標準とした。採油方法は給油口より真空引き吸引ポンプによる採油とし、サンプリングチューブを新しいものに交換し、クロスコンタミ

ネーション（サンプル間での混入）の防止に努めた。採油量は、各箇所 500ml 程度とし、潤滑油が機械内部で均一な状態になるように樋門の開閉操作を十分に行ってから採油した。採油検体を写真-2に示す。

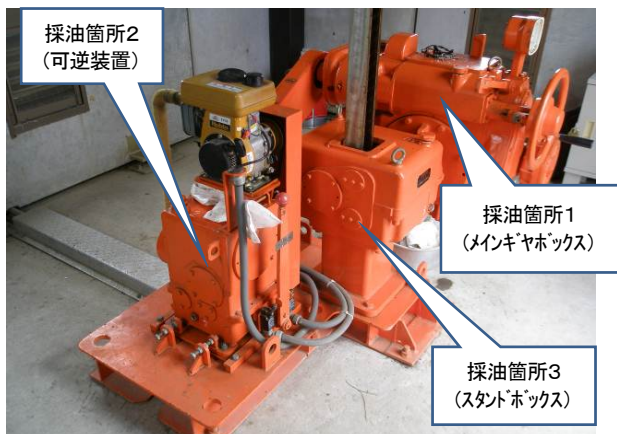
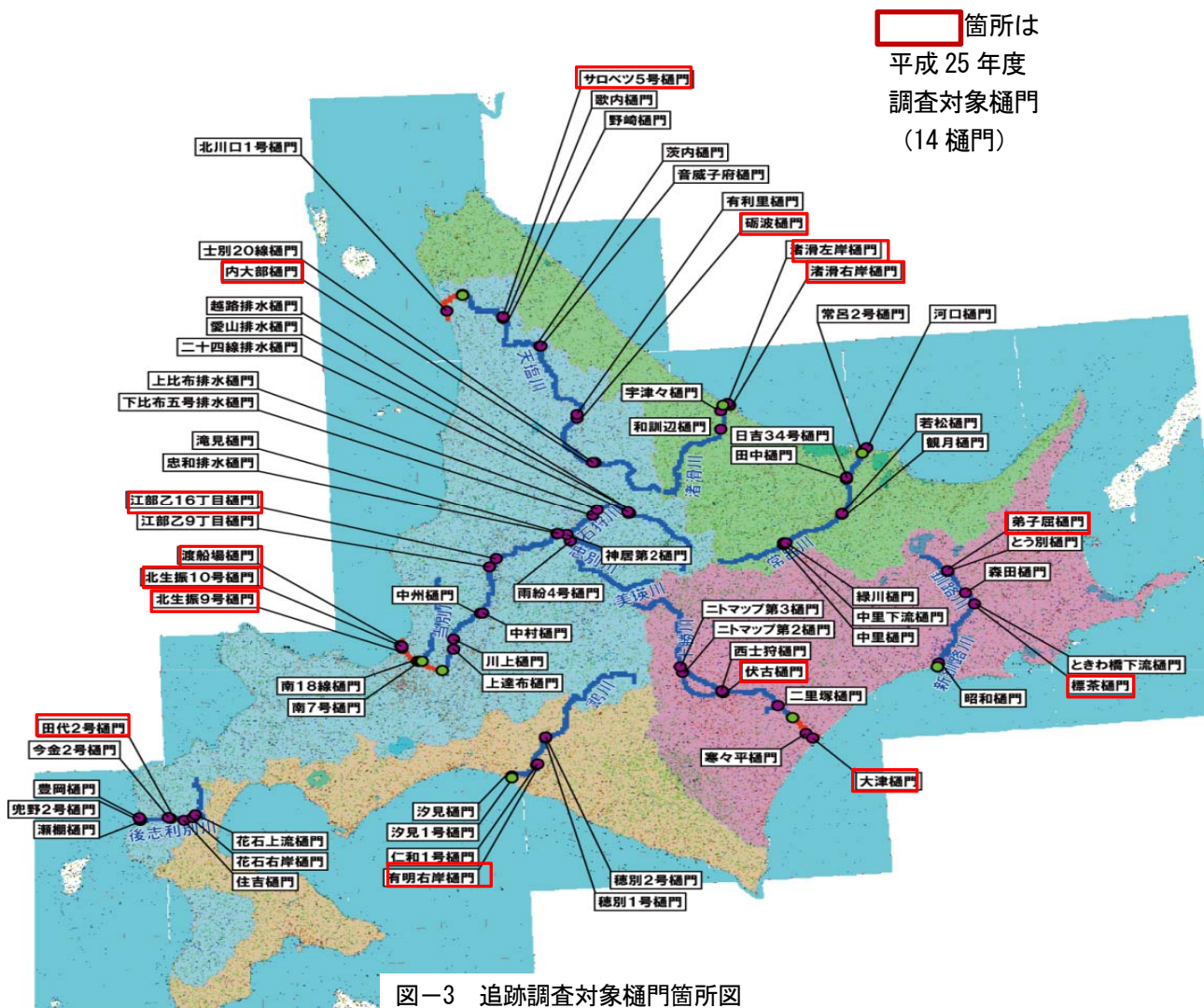


写真-1 開閉装置全景及び採油箇所

写真-2 潤滑油採油検体例

3. 2. 2 潤滑油の分析項目

採油した潤滑油について、劣化傾向の把握を行うため、性状、汚染、潤滑状態（摩耗）についての分析を行った。性状分析は潤滑油の劣化を判定するものであり、粘度、水分、酸価について分析した。潤滑油の汚染は、摩耗粒子等によって生じる内部からの汚染と砂等の混入による外部からの汚染があり、汚染の測定として計数汚染度分析を実施した。また、潤滑状態（摩耗）としてフェログラフィー及び金属成分（SOAP法）分析を実施した。

3. 2. 3 潤滑油性状及び汚染度の分析結果

性状分析、汚染度分析の分析結果を下記に示す。なお、検体数は前年度までのデータがある14樋門17検体である。検体の採油箇所別検体数を図-4に示す。なお、検証にあたっては、採油後に、採油した潤滑油と同容量の新油を更油（500mlの補充）することによって、摩耗粉の濃度が希釈される。平成25年度のデータについては、2年連続更油されているため次の更油率により補正を行った⁶⁾。

$$\text{更油率} = \{1 - (\text{補給量}) / (\text{開閉装置の標準油量})\}^2$$

(1) 粘度

粘度について、平成24年度分析値に対して数値が低下した検体が82%、上昇した検体が17%となり低下傾向となった。

(2) 水分

水分について、平成24年度分析値に対して数値が減少した検体が18%、上昇した検体が82%となった。平成25年度の分析結果において基準値（500ppm）を超過した検体はなかった。

(3) 酸価

酸価について、平成24年度分析値に対して数値が変わらなかった検体が18%、上昇した検体が82%となった。平成25年度の分析結果において基準値（0.3mgKOH/g以上）を超過した検体はなかった。

性状分析から粘度、水分、酸化については、経年変化がみられなくおおむね良好な結果となった。採油時に部分採油された影響から性状回復したことが考えられるため、正確な劣化傾向の判断は難しいものと考えられる。

(4) 計数汚染度（NAS等級）

平成23年度の計数汚染度の分析結果から76検体（約49%）で計数汚染度の上限値となるNAS12等級を

超過する結果となり、汚染比率が高いことを確認した。採油箇所別検体数を図-4に示す。

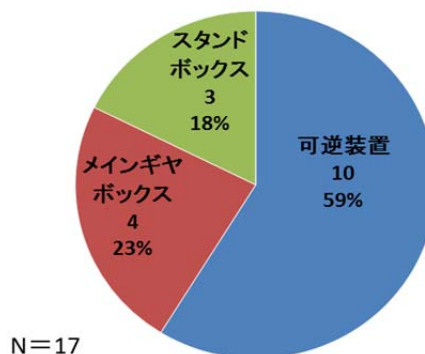


図-4 採油箇所別検体数

次に、NAS12等級以上の検体について、汚染度を詳細に評価できるようにNAS等級を拡張した等級（以下「仮NAS等級」という。）を新たに定義し、NAS12等級以上の潤滑油を仮NAS13～21等級に細分化した。NAS等級は1等級上がるごとに、各サイズレンジの粒子数が2倍となるため、同じ法則に則り仮NAS等級を定めた。NAS等級表を表-1、仮NAS等級表を表-2に示す。仮NAS等級を用いて再分類を行った結果を図-5に示す。

仮NAS等級は平成24年度に比べ低くなる傾向となった。

平成24年度と比較して、NAS等級が上昇した検体は3検体。変わらなかった検体が5検体。低下した検体が9検体であった。いずれの検体も、計数汚染度の上限値となるNAS12等級を超過しており、オイルの適正な管理について、継続して検討していく必要があると考える。

表-1 NAS等級表

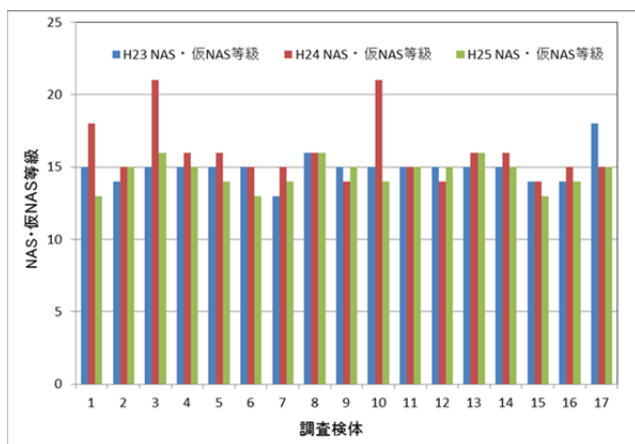
	00	0	1	2	3	4	5
5-15 μm	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
15-25 μm	22	44	89	178	356	712	1,425
25-50 μm	4	8	16	32	63	126	253
50-100 μm	1	2	3	6	11	22	45
100 μm超	0	0	1	1	2	4	8

	6	7	8	9	10	11	12
5-15 μm	16,000	32,000	64,000	128,000	256,000	512,000	1,024,000
15-25 μm	2,850	5,700	11,400	22,800	45,600	91,200	182,400
25-50 μm	506	1,012	2,025	4,050	8,100	16,200	32,400
50-100 μm	90	180	360	720	1,410	2,880	5,760
100 μm超	16	32	64	128	256	512	1,024

表一 2 仮NAS等級表

	13	14	15	16	17
5-15 μm	2,048,000	4,096,000	8,192,000	16,384,000	32,768,000
15-25 μm	364,800	729,600	1,459,200	2,918,400	5,836,800
25-50 μm	64,800	129,600	259,200	518,400	1,036,800
50-100 μm	11,520	23,040	46,080	92,160	184,320
100 μm超	2,048	4,096	8,192	16,384	32,768

	18	19	20	21
5-15 μm	65,536,000	131,072,000	262,144,000	524,288,000
15-25 μm	11,673,600	23,347,200	46,694,400	93,388,800
25-50 μm	2,073,600	4,147,200	8,294,400	16,588,800
50-100 μm	368,640	737,280	1,474,560	2,949,120
100 μm超	65,536	131,072	262,144	524,288



図一5 検体別計数汚染度 (NAS・仮NAS) 比較図

3. 2. 4 設備の潤滑状態 (摩耗分析) の分析

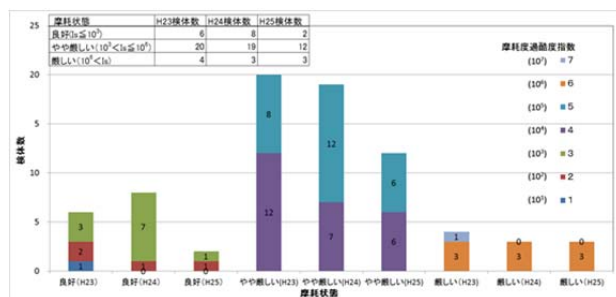
設備の潤滑状態の分析として、摩耗分析を行った。比較対象検体は、前年度に摩耗分析データがある 17 検体とし、フェログラフィー及び金属成分 (SOAP 法) 分析を実施した。なお、比較検証にあたっては、前述した更油率計数による補正を同様に行った。

(1) フェログラフィーの分析結果

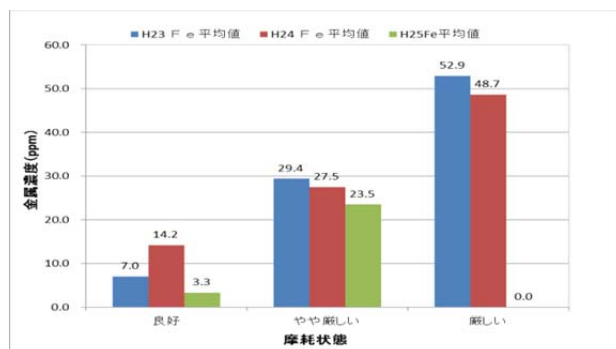
フェログラフィー分析の結果摩耗状態が「良好」と評価された検体は 2 検体、「やや厳しい」と評価された検体は 15 検体、「厳しい」と評価された検体は 0 検体となり、良好の割合が減り、「やや厳しい」の割合が増える結果となった。また、平成 24 年度と比較して、摩耗過酷度指数が上昇した検体は 17 検体中 4 検体、変わらなかった検体が 17 検体中 7 検体、低下した検体が 6 検体となった (図一5, 6)。

(2) 金属成分 (SOAP 法) 分析の結果

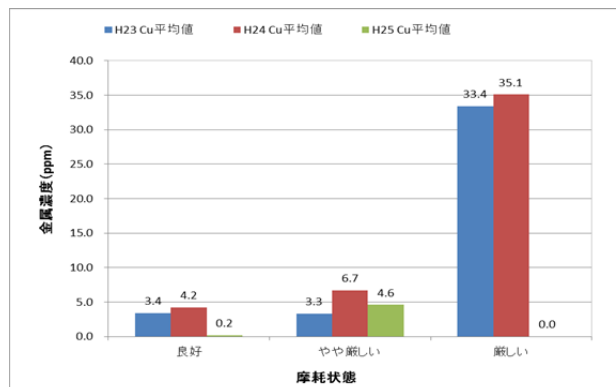
金属濃度については Fe 値、Cu 値ともに平成 24 年度に比べ低下する結果となり、3 カ年の結果においても特段の傾向は見られなかった。しかし、金属成分についても更油の影響が考えられ、今後も検討する必要がある (図一7, 8)。



図一6 摩耗状態別検体数比較



図一7 摩耗状態と金属濃度平均値 (Fe 値)



図一8 摩耗状態と金属濃度平均値 (Cu 値)

3. 2. 5 開閉装置ベアリングと潤滑油分析

平成 24 年度の結果より、NAS 等級の上昇に伴い、金属濃度も上昇することが確認されたので、仮NAS16 等級の樋門開閉装置に使用されているベアリングについて表面状態を光学顕微鏡及び電子顕微鏡等により観察し、潤滑油との関係を調査した。

(1) ベアリング精密評価

ベアリングの各構成要素 (外内輪、転動体、保持器) について、光学顕微鏡、電子顕微鏡 (SEM) により、表面の損傷状態を確認した。代表写真を写真一3~6 に示す。

ベアリング表面の摩耗状態の観察を行った結果、切削摩耗による 10 μm 程度の切削痕は多数見られた。

(2) 潤滑油分析

ベアリングに使用されていた潤滑油は、仮NAS16 等

級と汚染度が高い状況にある。潤滑油の中に観察された摩耗粒子の組成割合を、X線マイクロアナリシスにより分析した。

その結果、ベアリング鋼の組成割合に類似している粒子があったことから、これら摩耗粒子はベアリングの内外輪、転動体から発生したと考えられる。また、ステンレス鋼、銅合金と推定される粒子も存在していることから、今回調査していないベアリング以外のギアや保持器等の部分からも摩耗粒子が発生していることも推測できる。

よって、潤滑油の汚染度が仮NAS16等級と高くなったのは、油中の摩耗粒子や外部混入異物等の影響であることがわかる。



写真-3 ベアリング写真

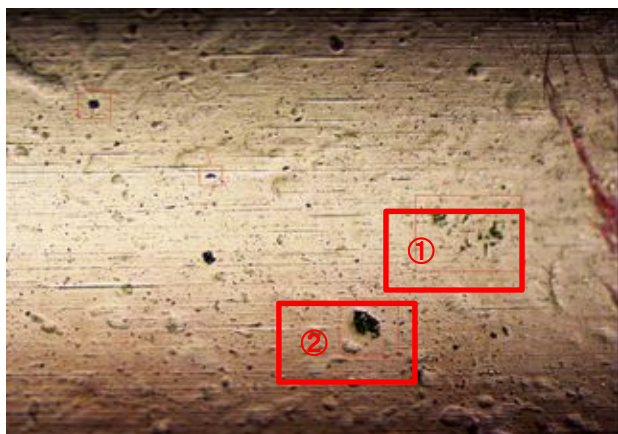


写真-4 内輪部光学顕微鏡による切削痕

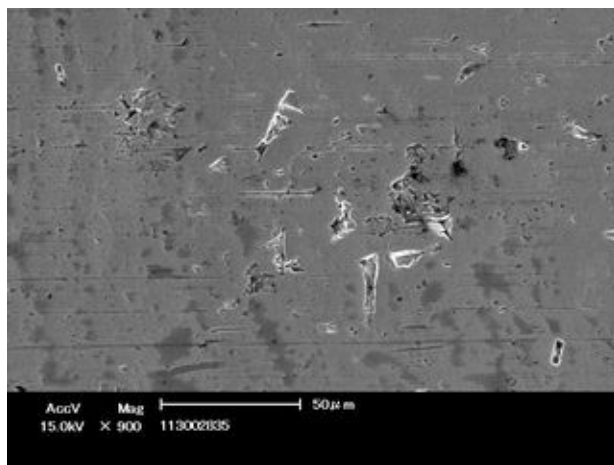


写真-5 内輪部電子顕微鏡による切削痕①

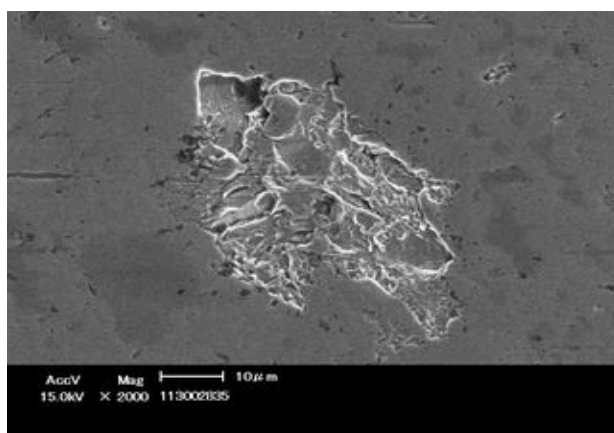


写真-6 内輪部電子顕微鏡による切削痕②

(3) 考察

ベアリングの精密評価と潤滑油分析から、ベアリング表面に切削痕が観察され、油中の摩耗粒子の観察結果からも、切削粒子が多く観察された。よって、潤滑油の汚染度が仮NAS15等級と高くなったのは、油中の切削粒子等が影響を与えたと考えられ、潤滑油の汚染度とベアリングの摩耗状態の相関を確認することができた。この状態で、ベアリングを使用し続けた場合、切削痕が起点となり、フレーキングに進展し、ベアリングの寿命が低下する可能性がある。ベアリングの寿命、さらには施設の寿命を延ばすためには、潤滑油の状態を常に把握し、清浄に管理することが重要であると考えられる。

3. 2. 6 メンブランパッチの色と計数汚染度

(1) 潤滑油をろ過したメンブランパッチの色

潤滑油は摩耗や摩擦の低減、発熱の抑制、腐食の防止、動力の伝達など様々な役割を担っている。潤滑油は使用時間や使用環境によって劣化し、機械の運転状

態に影響を与える。機械の故障を招く潤滑油の劣化要因は大きく2つに大別され、油の酸化劣化による内的要因と金属摩耗粉やゴミなどの異物による外的要因である。

本田ら⁹⁾は、新しい油中汚染物の判定法としてセルロース・アセテートの白色フィルタ（メンブランフィルタ）を用いて、そのフィルタ上に捕集された汚染物を色で判別する手法を提案するとともに、色相判別装置（Colorimetric patch Analyzer）を開発した。本手法は、潤滑油をろ過したメンブランフィルタ（メンブランパッチ）に白色光を投射し反射光と透過光を用いて、RGB値、最大色差（MCD）、 ΔE_{RGB} の各色パラメータを測定する。

RGB値は、各々256階調で表され、白で(255, 255, 255)、黒で(0, 0, 0)となる。最大色差（MCD）はRGB値の2色間の最大差を表しており、この値が小さいほど灰色色の色合いが強くなることを意味し、汚染要因（固形物）を判定する。また、 ΔE_{RGB} は任意のメンブランパッチから白までの距離であり、次式で表される。この値が大きいくほど濃色化していることを意味し、汚染程度を判定することができる。

$$\Delta E_{RGB} = \sqrt{(255 - R)^2 + (255 - G)^2 + (255 - B)^2}$$

(2) 色相判別装置と測定方法

潤滑油をメンブランフィルタにろ過する装置として、(株)クリーンテック製のコンタミチェッカーを用いた。

フィルタベース部に孔径 0.8 μ m のメンブランフィルタをセットし、試料油 5ml を注入後、真空ポンプにより吸引しろ過する。その後、石油エーテルにてメンブランフィルタの油分を除去し乾燥させる。作成したメンブランフィルタを色相判別装置で測定できるようにパッチ化（メンブランパッチ色相）し各色パラメータの測定を行う。

(3) 測定結果

試料油は、平成 24 年度に採油した 49 検体とした。最大色差（MCD）により劣化要因の識別がなされ、酸化劣化による場合は茶系色、固形粒子による場合は灰系色になる。一方、 ΔE_{RGB} は汚染度を定量的に判定でき、固形粒子の増加に応じて増加する。

図-9 に計数汚染度（NAS・仮 NAS 等級）と最大色差（MCD）、 ΔE_{RGB} 測定値の結果を示す。最大色差（MCD）は、NAS、仮 NAS 等級の上昇に伴い減少していき、 ΔE_{RGB} は上昇していく傾向を確認した。図-10 に金属濃度

（Fe+Cu 値）と最大色差（MCD）との関係を示す。金属濃度（Fe+Cu 値）が 15ppm 以上の場合、最大色差（MCD）が 30 以下となり金属濃度（Fe+Cu 値）の上昇とともに減少することを確認した。

表-3 に計数汚染度別のメンブランパッチ画像とメンブランパッチ色相の各色測定値の一例を示す。

計数汚染度及び金属濃度（Fe+Cu 値）の上昇にともない最大色差（MCD）は減少、 ΔE_{RGB} 値は上昇する傾向が確認できた。メンブランパッチ色相の各色パラメータ測定により、樋門開閉装置に使用される潤滑油の交換時期の適正な判断ができるようにデータを蓄積し判定精度を高めていく必要がある。

(4) 考察

最大色差（MCD）の値から汚染要因（固形物）、色相距離（ ΔE_{RGB} 値）の上昇度合いから汚染程度を判定することができ、これらの数値から計数汚染度を判別することが可能になると考える。

今後は、樋門開閉装置の潤滑油を利用した設備劣化診断手法を確立するため、ギヤ、軸受（ベアリング）の劣化状態と計数汚染度、金属濃度及びメンブランパッチ色相との相関関係の調査を継続して行い、計数汚染度を点検現場で簡易に計測できる手法について引き続き検討を行う。

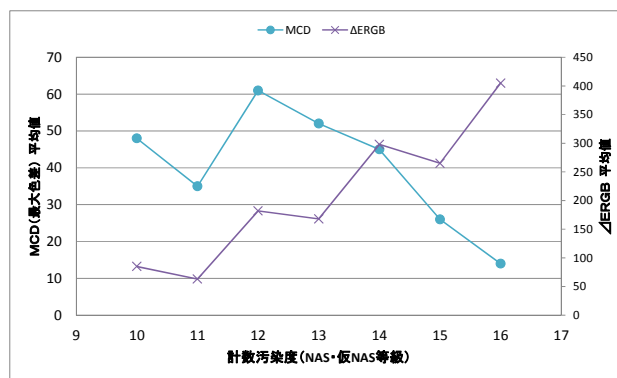


図-9 計数汚染度とメンブランパッチ色相

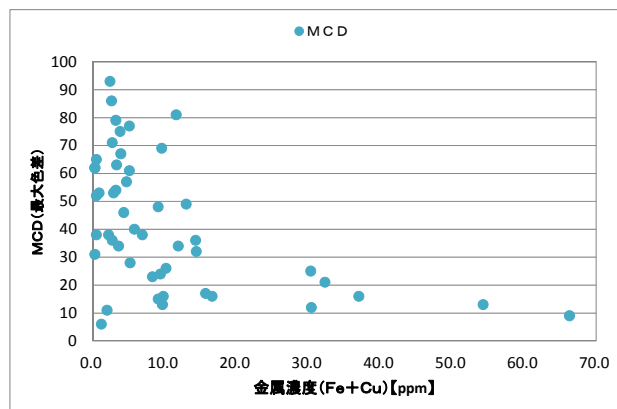





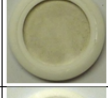



図-10 MCDと金属濃度（Fe+Cu 値）

表-3 メンブランパッチ色相の画像と色測定値

NAS・ 仮NAS 等級	パッチ画像	R	G	B	MCD	∠E _{RGB}
10		243	229	178	65	82
11		255	253	217	38	38
12		181	163	124	57	176
13		190	168	123	67	171
14		116	99	68	48	280
15		112	99	76	36	277
16		27	22	14	13	405

注 画像は明るさが同一ではなく、見た目とは違いがある。

4. 河川用機械設備の維持管理に関する現況調査

4.1 調査目的

積雪寒冷地における河川用樋門設備は、融雪出水や津波等の襲来時においても確実に稼働することが求められる。

門柱レスゲートは、フラップ形式の扉体に取り付けたバランスウェイトによって、扉体の開閉力を小さくすることで、水位の変動に合わせて開閉動作する無動力式の自動開閉ゲートである。そのため、津波対策に適用が可能である。

平成24年度は、冬期樋門の現況調査として北海道全域に渡り調査を行い、冬期稼働における課題を整理した。¹⁰⁾

平成25年度は冬期間の門柱レスゲート設備の状況を確認し、積雪や凍結が河川用機械設備に与える影響や現状の冬期管理状況について現地調査を行った。

4.2 調査対象樋門

調査対象は津波の襲来時を考慮し、十勝川及び浦幌十勝川の津波遡上区間にある10樋門を選定し、調査を行った。樋門名を表-4、調査位置図を図-11に示す。

表-4 調査対象樋門

十勝川	大津河口樋門、大津市街樋門、大津樋門、寒々平樋門、旅来第2樋門、幌岡樋門
浦幌十勝川	十勝太樋門、十勝太東5線樋門、豊北第1樋門、静内川第1樋門



図-11 調査位置図

4.3 調査項目

調査は、以下の項目について確認、計測を行った。

- ① 堤防の積雪状況の確認（除雪の有無）
- ② 施設周辺の凍結・積雪状況の確認
- ③ 扉体の開度（角度）の確認
- ④ 積雪深、氷厚、水深、ゲート開度の計測

4.4 調査結果

(1) 積雪深、氷厚、水深、ゲート開度の計測
計測結果一覧表を表-5に示す（測定日2月27日）。

表-5 計測結果一覧表

樋門名	気温 (°C)	積雪深 (開口部) (cm)	積雪深 (堤防) (cm)	氷厚 (cm)	水深 (cm)	ゲート 開度 (cm)
大津河口	0.9	—	0	44	102	0
大津市街	0.0	84	0	20	全氷	8
大津	1.2	104	0	33	60	7
寒々平	-1.0	50	0	22	6	8
旅来第2	1.0	63	0	12	20	8
幌岡	0.0	24	0	8	29	8
十勝太	1.5	28	0	9	62	0
十勝太東5線	2.0	100	0	22	全氷	0
豊北第1	-0.5	190	0	15	78	0
静内川第1	0.9	13	17	16	56	0

(2) 堤防の積雪状況の確認

堤防では除雪は行われていなかった。しかし、本調査時は積雪深がない堤防がほとんどで、多い堤防でも積雪深は17cmであった。

写真-7, 8 に堤防積雪状況を示す。



写真-7 旅来第2樋門 堤防積雪状況(0cm)



写真-8 静内川第1樋門 堤防積雪状況(17cm)

(3) 施設周辺の凍結・積雪状況

風が強いと思われる場所では雪が吹き払われており、一方で扉体部分等には吹き溜まりが発生していた。開口部の積雪深は、大津樋門で104cm、十勝太東5線樋門で100cm、十勝太樋門で28cmであった(表-5)。写真-9, 10 に扉体、戸当り等の積雪状況を示す。

また、施設周辺、扉体、戸当たり、河川等の凍結状況を写真-11, 12 に示す。氷厚は10cm前後であったが、大津河口樋門で44cm、大津樋門で33cmあった(表-5)。扉体周辺の凍結により、ゲートの開閉が困難になる可能性があることがわかった。



写真-9 大津河口樋門 積雪状況



写真-10 大津樋門 扉体、戸当り積雪状況



写真-11 幌岡樋門 扉体凍結状況



写真-12 十勝太樋門 扉体凍結状況



写真-14 十勝太東5線樋門 扉体付近状況

(4) 扉体の開度（角度）

扉体の開度（角度）については、浦幌十勝川の3樋門（十勝太樋門、十勝太東5線樋門、豊北第1樋門）において、扉体が全閉（開度0度）になっていた。

門柱レスゲートは通常、開度8度程度で開いており、堤内・堤外の水位に応じて開度の調整を自動で行う構造である。開度が0度になるのは堤外側（吐口側）の水位が高い時だけである。写真-13, 14, 15に扉体付近状況を示す。



写真-13 十勝太樋門 扉体付近状況



写真-15 豊北第1樋門 扉体付近状況

(5) 結果と考察

今年の十勝の気候は、気温については過去10年間でも高めであり、堤防上には積雪がない状況であった。降雪量も過去10年間で2番目に少なかった。また、例年、茂岩の観測所付近の十勝川は、1月には全面結氷しているが、1月下旬頃まで全面結氷していない状況であった。このように例年に比べかなり温暖な状態であったため、全般的に積雪・凍結状況は少なかったと言え、継続調査が必要である。

なお、全閉状態になった3樋門については原因の特定はできなかったため、結氷期前（12月中旬から下旬）に門扉付近や流入河川の状況を追加調査する。

(6) 課題のとりまとめ

平成24年度の調査では、積雪の影響があり樋門に向かうことも困難な状況が確認され、また扉体が凍結し開閉が出来ないゲートも確認された。

平成25年度の調査では、門柱レスゲートを中心に調

査を行い、自動開閉ゲートにおいても扉体の凍結があり、開閉が困難な状況が確認された。今後これらの課題について、さらに検討を行う予定である。

5. まとめ

(1) 設備の潤滑状態（摩耗分析）の分析結果

仮NAS等級は平成24年度に比べ低くなる傾向となった。

平成24年度と比較して、NAS等級が上昇した検体は3検体。変わらなかった検体が5検体。低下した検体が9検体であった。

(2) 開閉装置ベアリングと潤滑油分析

ベアリングの精密評価と潤滑油分析から、潤滑油の汚染度とベアリングの損耗との関連が確認できた。

(3) メンブランパッチの色と計数汚染度

最大色差 (MCD) の値から汚染要因 (固形物)、色相距離 (ΔE_{RGB} 値) の上昇度合いから汚染程度を判定することができ、これらの数値から計数汚染度を判別することが可能になる。

(4) 河川用機械設備の維持管理に関する現況調査

冬期間の門柱レスゲート設備の状況を確認し、積雪や凍結が河川用機械設備に与える影響や現状の冬期管理状況について現地調査を行った。

例年に比べかなり温暖な状態であったが、堤防や施設周辺、扉体、戸当たり、河川等の凍結・積雪状況を確認した。

扉体の開度 (角度) については、通常、扉体が開度8度程度で開くべきものが、全閉 (開度0度) になっていた扉体もあったため、結氷期前の調査を更に行う必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省 総合政策局 建設施工企画課 河川局 治水課：河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル (案) , H20. 3
- 2) 小岩祐太, 佐藤大輔, 蝦名健二：樋門開閉装置の効率的な維持管理手法に関する検討, 第54回 (平成22年度) 北海道開発局技術研究発表会 (発表論文集) , 2011
- 3) (社)日本トライボロジー学会：メンテナンストライボロジー, 2006. 11
- 4) (財)下水道新技術推進機構：トライボロジーを活用した設備診断に関する技術マニュアル (潤滑診断による状態監視保全) , 2009. 12
- 5) ドリユー・トロイヤー、ジムフィッチ、西本隆直 (訳) : オイル分析の基礎 (日本語翻訳版) , 2008. 10
- 6) ジムフィッチ: 油中元素の発生源 (日本語翻訳版) , 2011. 2
- 7) 本田知己：潤滑油の劣化診断・検査技術, 精密工学会誌, 75, 3 (2009)
- 8) 本田知己, 田中清隆, 岩井義郎, 佐々木徹：メンブランパッチの色によるタービン油の酸化劣化診断法の開発, 第10回評価・診断に関するシンポジウム, 2012
- 9) 本田知己, 佐々木徹：オンサイト型潤滑油劣化診断装置 (Colorimetric patch Analyzer) , 月刊潤滑経済, 580, 10 (2013)
- 10) 片野浩司, 山口和哉, 田中隆夫, 永長哲也, 岸寛人：積雪寒冷地における河川用機械設備の維持管理手法に関する研究、重点的研究課題報告書、2013

A STUDY ON MAINTENANCE METHODS FOR RIVER MECHANICAL EQUIPMENT IN COLD, SNOWY REGIONS

Budget : Grants for operating expenses (general account)

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Machinery Technology Research Team

Author : KATANO Koji

YAMAGUCHI Kazuya

TANAKA Takao

EINAGA Tetsuya

IGARASHI Tadashi

KISHI Norihito

Abstract : Since many pieces of river mechanical equipment have been used for 30 to 40 years, lower reliability due to the progress of aging and increased maintenance costs to restore reliability are becoming problems, and efficient and effective maintenance that can also ensure prolongation of the service life and reliability is required.

In this study, field surveys and other forms of research were conducted concerning the degradation and environment conditions, operation status and other factors related to river mechanical equipment, and analysis and examination were conducted on simple and accurate deterioration measurement and maintenance methods, as well as on structures and operation/maintenance technologies suited to winter operations.

In FY 2013, the relationship between the damage condition of the bearing in the sluiceway operating apparatus whose lubrication was rated as poor and lubricant was investigated. The relationship between the results of membrane patch colorimetry, which is regarded as an easy lubrication diagnosis method, and particle count was also analyzed. It was found that membrane patch colorimetry can be used in diagnosing deterioration trends.

Key words : river mechanical equipment, maintenance, sluice way operating apparatus, lubricating oil