

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、寒地技術推進室

研究担当者：山口和哉、平地一典、永長哲也
石川真大、平伴斉、斎藤要、
鶴澤利樹

【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。

そこで、積雪寒冷地の樋門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、その結果を基に簡易で的確な劣化判断手法と冬期稼働に適した構造及び運用・維持管理技術について検討を行った。

具体的には樋門開閉装置の潤滑油をろ過して作成したメンブランパッチの RGB 色相と計数汚染度との相関性を明らかにし、RGB 色相による潤滑油の簡易劣化診断手法を提案した。また、樋門の冬期稼働に関する課題の抽出を行い対応策を取りまとめた。

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い状況となっている。

これまで建設されてきた樋門の多くが、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が年々増加し、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であり、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。

そこで、積雪寒冷地における樋門機械設備の延命化、稼働の信頼性の向上、維持管理コストの縮減を目的に、積雪寒冷地における樋門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冬期稼働に適した構造及び運用・維持管理技術について検討を行った。

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）

JIS 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）。

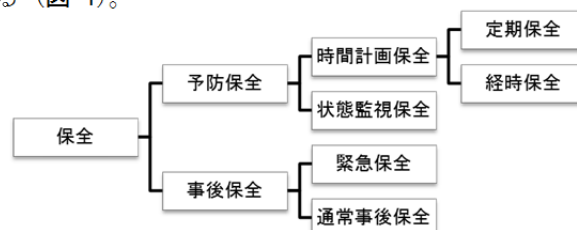


図-1 保全の分類

予防保全とは、設備の使用中的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、緊急保全と通常事後保全に分類される。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い、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)¹⁾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。

さらに、開閉装置のほとんどは潤滑油を使用しているが、定期点検時における管理基準がなく、点検は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、1969年 OECD(ヨーロッパ経済協力機構)の研究会にて「**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**」が多くの現場で実施されている²⁾。

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。

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が提唱されている。

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。

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。

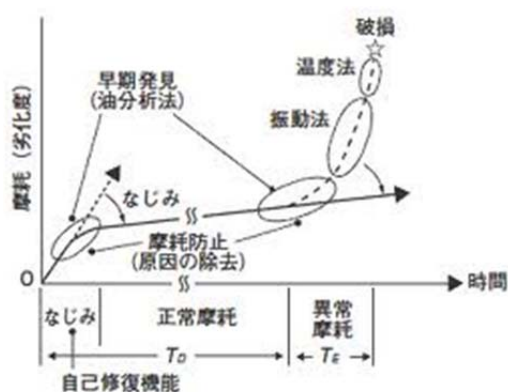


図-2 摩耗劣化カーブと診断法

3. 河川用機械設備の劣化に関する調査

樋門の点検現場で簡易に潤滑油の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評価を行い、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した。

3.1 潤滑油の採油箇所及び採油方法

樋門開閉装置は、設置箇所により種々の型式がある。代表的な開閉装置を**図-3**に示す。

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箇所とした。給油口より真空引き吸引ポンプにより採油し、検体毎にサンプリングチューブを新しいものに交換して、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³⁾。採油検体例を**図-4**に示す。平成23年度から平成25年度まで68樋門で採油した。

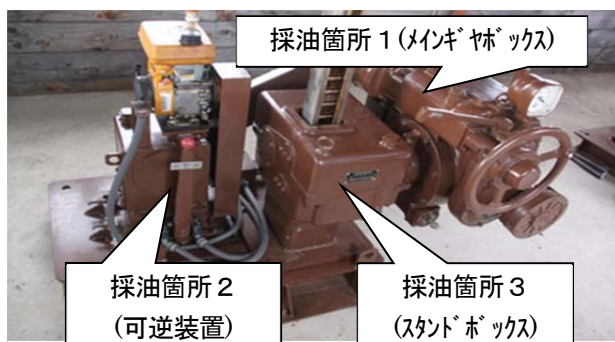


図-3 樋門開閉装置と採油箇所



図-4 採油した潤滑油

3. 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。潤滑油の汚染については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⁾。

なお、性状分析、フェログラフィー及び金属成分分析についての比較検体は3年間継続分析をした17検体であり、計数汚染度分析の検体は154検体である。

3. 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。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年連続で更油されているため次の更油率により補正を行った⁴⁾。

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

3.3.1 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83%、上昇した検体が17%となり低下傾向となった。

3.3.2 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。

3.3.3 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、酸価については、およそ8割の検体で経年変化がみられる結果となった。

3.3.4 計数汚染度（NAS等級）

潤滑油は、使用につれて様々な化学的变化をするとともに、金属摩耗粉や外部からの微少な混入物の影響によって汚染が進む。潤滑油管理で重要な管理項目の一つである計数汚染度（NAS等級）は、潤滑油に混入している粒子を一定の粒子径範囲ごとに計数し、その粒子数から汚染レベルを判定するものであり、12等級まで分類されている（表-1）。

表-1 NAS等級表

粒径	等級	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

(個/100ml)

粒径	等級	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

(個/100ml)

採油した潤滑油の計数汚染度の分析結果を図-5(上)に示す。154検体のおよそ半数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。

NAS等級は、主に高い清浄度が求められる工業や航空宇宙の流体動力用途などで使用されている。今回は、通常時は待機状態である樋門開閉装置に適用するもので、採油した潤滑油の中には、計数汚染度の上限値となるNAS12等級を超過する潤滑油が確認された。

そこで、NAS12等級を超過する検体について、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。）を新たに定義してNAS12等級を超過した潤滑油を仮NAS13~21等級に細分化し（表-2）、検体を分類した（図-5(下)）。

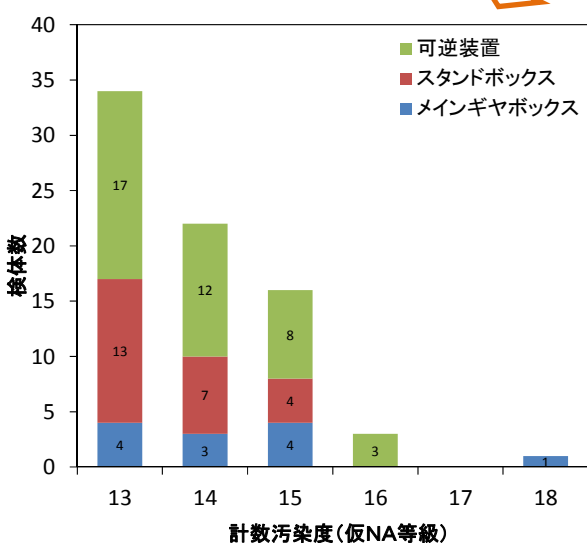
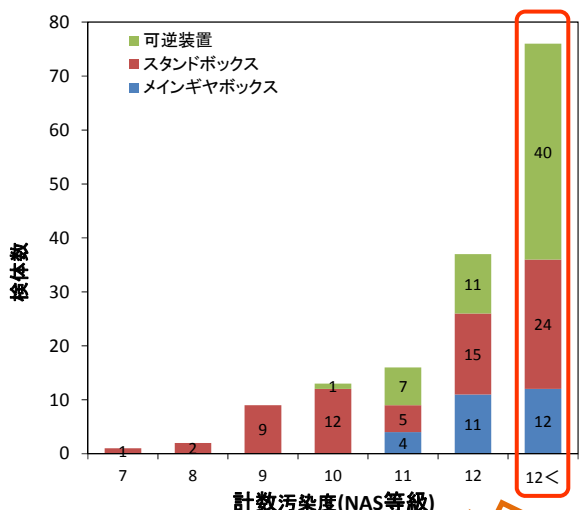


図-5 計数汚染度 (NAS 等級) と採油箇所別検体数

表-2 仮 NAS 等級表

粒径	等級	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

粒径	等級	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

3. 4 設備の潤滑状態 (摩耗分析) の分析

平成 23 年度から平成 25 年度に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、金属濃度についても前述した更油率計数による補正を同様に行った。

3. 4. 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を図-6 に示す。摩耗状態が「良好」と評価された検体は平成 25 年度には 2 検体、「やや厳しい」と評価された検体は 12 検体、「厳しい」と評価された検体は 3 検体となり、前年度より「良好」の全体に占める割合が減り、「やや厳しい」の割合が増える結果となった。

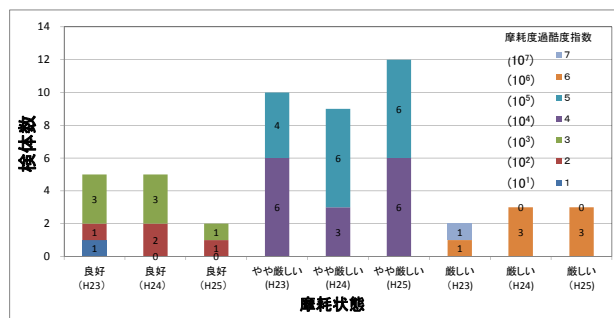


図-6 摩耗状態別検体数比較

3. 4. 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 3 カ年の結果においては特段の傾向は見られなかった (図-7, 8)。

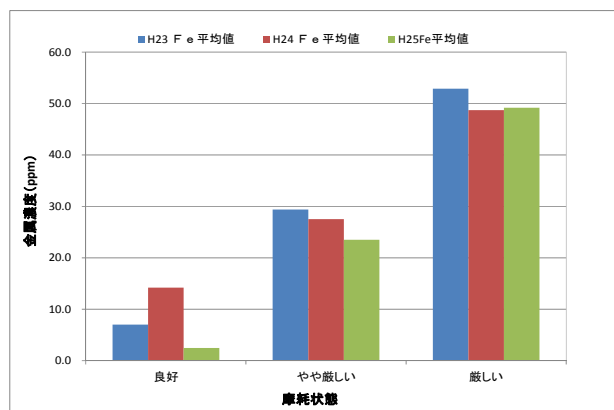


図-7 摩耗状態と金属濃度平均値 (Fe 値)

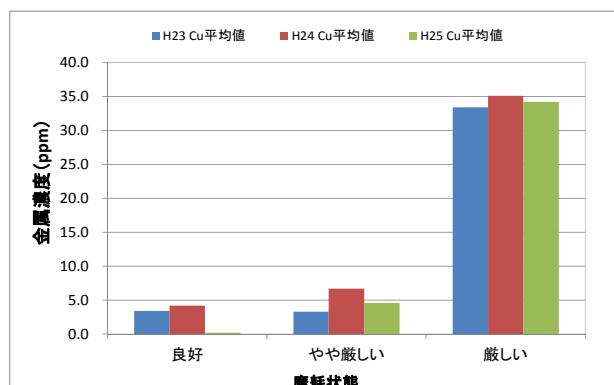


図-8 摩耗状態と金属濃度平均値 (Cu 値)

3. 5 摩耗分析と計数汚染度の関係

計数汚染度の高い検体について、NAS 等級、仮 NAS 等級に細分化した上で摩耗分析を実施した。

その結果、金属濃度 (Fe 値、Cu 値) は、NAS 等級、仮 NAS 等級の上昇に伴い上昇し、特に仮 NAS15 等級以上において大幅な上昇を確認した (図-9)。

潤滑油の汚染度の悪化は、ギヤやギヤボックスに使用されるベアリング (Fe) 又はベアリング保持器 (Cu) の摩耗へ影響を及ぼす。特に仮 NAS15 等級を境に Fe 値、Cu 値が大幅に上昇していることから油中に混入した異物が一定の数量を超えた際には、機器の摩耗促進への大きな影響があると考えられる。

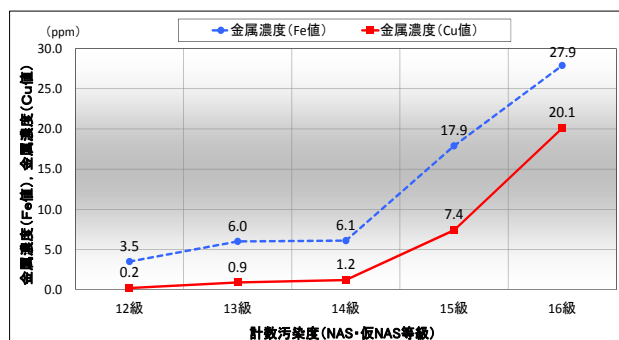


図-9 計数汚染度と金属濃度平均値

3.5.1 開閉装置ベアリングと潤滑油分析

計数汚染度と金属濃度の関係結果より、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 NAS15 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。

3.5.2 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。代表写真を図-10~13 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 $10\mu\text{m}$ 程度の切削痕が多数見られた。



図-10 ベアリング写真

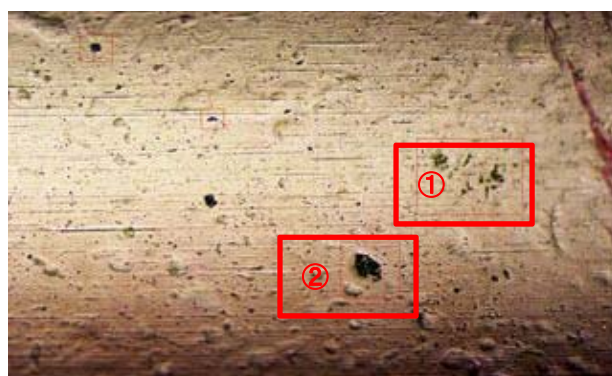


図-11 内輪部光学顕微鏡による切削痕

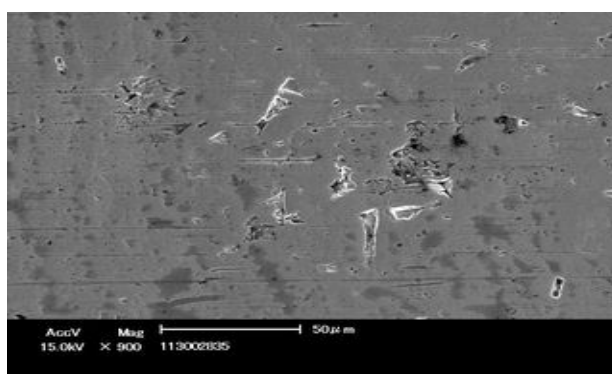


図-12 内輪部電子顕微鏡による切削痕①

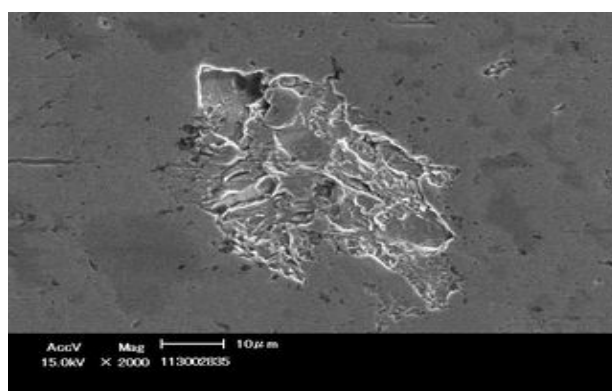


図-13 内輪部電子顕微鏡による切削痕②

3.5.3 潤滑油分析

ベアリングに使用されていた潤滑油に混入している摩耗粒子の組成割合を分析するため、摩耗粒子を磁場により大きさ順に配列するフェログラフィーを行った(図-14)。フェログラフィーの結果より、X線照射ポイントを決定の上、X線マイクロアナリシス(XMA)分析を行った(表-3)。

その結果、ベアリング鋼を構成するステンレスの組成(Cr, Mn, Fe, Ni)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、銅合金と推定される粒子も存在していることから、ベアリング保持器又はベアリング以外のギヤ等の部分からも摩耗粒子が発生していることが推測できる。

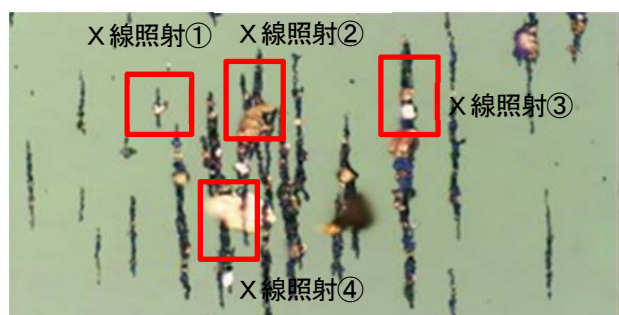


図-14 フェログラフィーによる摩耗粒子

表-3 X線マイクロアナリシス分析による
主な混入元素組成割合

分析対象	組成割合 (%)				
		照射①	照射②	照射③	照射④
クロム	Cr	1.33	14.73	0.35	0.81
マンガン	Mn	16.50	1.40	1.68	2.53
鉄	Fe	82.17	74.65	97.97	96.66
ニッケル	Ni	-	9.22	-	-

3.5.4 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性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。

4. 潤滑油の色と計数汚染度

4.1 ASTM色と計数汚染度

潤滑油は基油に酸化防止剤や摩耗防止剤などの各種添加剤が配合され作られている。潤滑油の色は鉱油、合成油といった基油の種類や添加剤の種類によって製品ごとに異なるものとなる。一般的には無色、黄色、褐色といった色合いとなり、その色はASTM色試験方法(JIS K2580)により判定される。潤滑油の色はコンタミネーション、混油や劣化などによって変化する。

樋門開閉装置の点検現場において、簡易に汚染度を判別するため、計数汚染度とASTM色の関連を検証しASTM色による判断が可能か検討した。

試験機は、日本電色工業(株)製の簡易型石油製品色試験機(OIL1)を用いた。ASTM色は、石油製品の色を、淡い色の0.5から濃い色の8.0に数値化し分類したものである。図-15に色見本を示す。樋門開閉装置に使用している潤滑油は、ギヤ油で粘度はVG22、VG32がほとんどである。新油時のASTM色は0.5である。

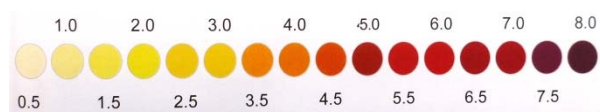


図-15 ASTM色の色見本(参考)

4.1.1 測定結果

仮NAS13等級～15等級の検体において、ASTM色測定値の平均値は、2.6、2.9、3.9となり計数汚染度の上昇とともにASTM色が濃くなる結果となったが(図-16)、変化が微量であり、同一等級内での色のばらつきも多く(図-17)、基油の色に影響されるためASTM色を用いて簡易に計数汚染度の判別を行うことは難しいことがわかった。

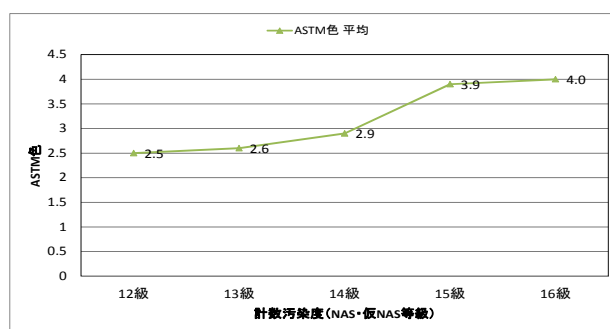


図-16 計数汚染度とASTM色測定値①

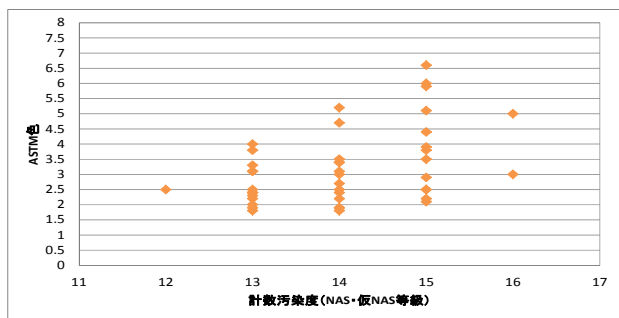


図-17 計数汚染度と ASTM 色測定値②

4. 2 メンブランパッチの色と計数汚染度

4.2.1 潤滑油をろ過したメンブランパッチの色

本田ら^{5),6)}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（CPA: Colorimetric patch Analyzer）を開発した（図-18）。



図-18 メンブランパッチ（左）と CPA（右）

本手法は、潤滑油をろ過したメンブランフィルタをパッチ化した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)、色相距離 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、パッチ色相の濃色度を定量化するもので、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。

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

4.2.2 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（図-19）⁷⁾。

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し色相判別装置 (CPA) を用いて各色パラメータの測定を行う。

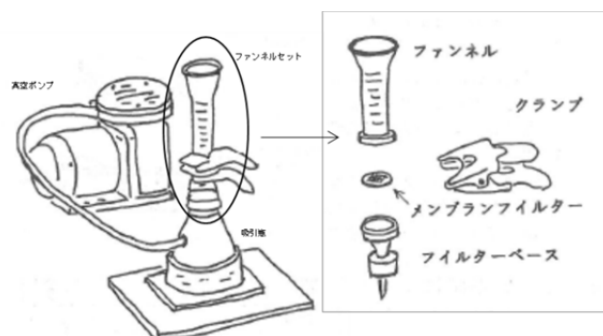


図-19 コンタミチェッカー

4.2.3 測定結果

図-20 に計数汚染度 (NAS・仮NAS 等級) と最大色差 (MCD) 及び ΔE_{RGB} の平均値の結果を示す。計数汚染度の上昇に伴い最大色差 (MCD) は減少、 ΔE_{RGB} は上昇する傾向が確認できた。

図-21 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 以下となるなど、金属濃度 (Fe+Cu 値) の上昇とともに最大色差 (MCD) が減少することを確認した。

図-22 の計数汚染度と ΔE_{RGB} から、計数汚染度の上昇とともにメンブランパッチ色相の濃色化が確認できた。特に、仮NAS14 又は 15 等級を境界として色の濃色化が顕著であり、固形粒子が増えていることが予想される。

表-4 に計数汚染度別のメンブランパッチ、潤滑油及び各色パラメータ値の一例を示す。表-4 の画像よりメンブランパッチと潤滑油の色相を比較してみると、潤滑油色相がメンブランパッチ色相と必ずしも一致しないことがわかる。

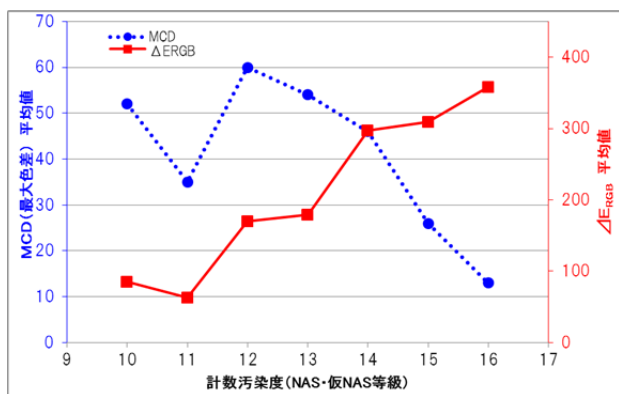


図-20 計数汚染度と MCD 及び ΔE_{RGB}

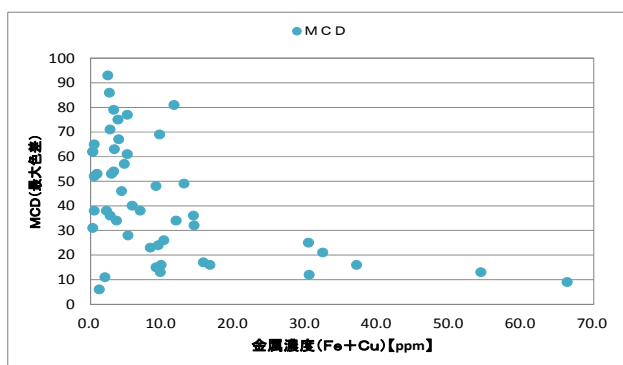


図-21 金属濃度 (Fe+Cu 値) と MCD

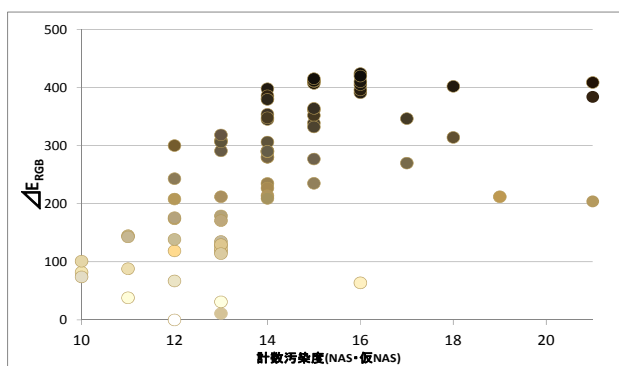


図-22 計数汚染度と ΔE_{RGB}

4.2.4 考察

最大色差 (MCD) の値から汚染要因 (固形物)、 ΔE_{RGB} の値から汚染程度を判定することができ、これらの数値から汚染度を判別することが可能になると考える。

表-4 メンブランパッチ色相の色測定例

NAS・仮NAS等級	メンブランパッチ	潤滑油	R	G	B	MCD	ΔE_{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 潤滑油画像は明るさが同一ではない

4.3 まとめ

最大色差 (MCD) の値から汚染要因、 ΔE_{RGB} の値から汚染程度を判定することができることから、これらの数値を用いて樋門開閉装置の潤滑油の汚染状態を判定できることがわかった。本研究結果を基に樋門開閉装置潤滑油の管理基準値を設定し、潤滑油による簡易劣化診断手法に関するガイドラインとして「RGB 色相による潤滑油診断ガイドライン-樋門・樋管編-」を作成した。

5. 河川用機械設備の維持管理に関する現況調査

5.1 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。

そこで冬期における樋門の現況調査を北海道全域に渡り行い、スライドゲート及び門柱レスゲートについてそれぞれ冬期稼働における課題を整理し、対応策を検討した。

5.1.1 冬期樋門現況調査

現況調査は、各地区において平成 25 年 2 月～3 月の期間で実施した。

調査内容は、次のとおりである。

①現地までのアクセス状況 (市街地、幹線道路から



図-25 スライドゲート冬期現況②

5.1.3 門柱レスゲート現況調査

平成26年2月から3月に津波の襲来時を想定し、太平洋沿岸の十勝川及び浦幌十勝川の津波遡上区間にある門柱レスゲート10樋門を選定し、調査を行った。調査内容は次のとおりである。

- 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、水深の計測

調査対象樋門数を表-7、調査箇所図を図-26に示す。

表-7 調査対象樋門数

調査地区	対象河川	対象樋門数	対象区間
道東	十勝川	6	河口より約10kmまで
	浦幌十勝川	4	河口より約4.5kmまで

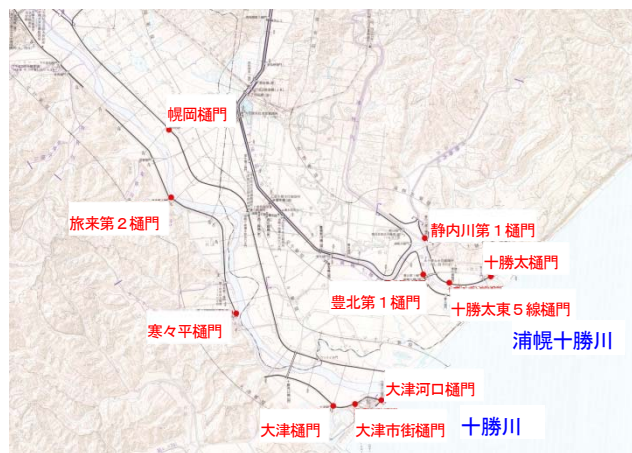


図-26 調査箇所図

5.1.4 門柱レスゲート現況調査の結果

全樋門において堤防で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（図-27）。

施設周辺の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、多い樋門で豊北第1の190cm、大津の104cmであった（表-8）。

また、施設周辺、扉体、戸当たり、河川等の凍結状況を図-28, 29, 30に示す。氷厚は平均20cm程度であったが、大津河口樋門で44cm、大津樋門で33cmあった（表-8）。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。



図-27 堤防積雪状況

表-8 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 (度)
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

H26. 2~3月調査



図-28 門柱レスゲート 積雪状況



図-29 門柱レスゲート 扉体凍結状況①



図-31 門柱レスゲート扉体付近状況①



図-30 門柱レスゲート 扉体凍結状況②



図-32 門柱レスゲート扉体付近状況②

5.1.5 扉体の開度（角度）

扉体の開度（角度）については、十勝川の1樋門（大津河口樋門）及び浦幌十勝川の4樋門（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）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、開度が0度になるのは堤外側（吐口側）の水位が高い時である。図-31, 32, 33に扉体付近状況を示す。



図-33 門柱レスゲート扉体付近状況③

5.2 冬期稼働に向けた対策

調査結果よりブロック図を作成し課題及び対応策を検討した。代表例を以下に示す。

5.2.1 スライド式ゲートの課題例

スライド式ゲートの扉体と戸当たりの凍結固着（図-34）に対しては、試算した結果、ゲートの自重が固着力を上回るため、自重による閉動作は可能であるが、

自重降下が不確実になる恐れがあるため、開閉装置による開操作の併用が望ましい。なお、開閉器のメーカー指定ギヤ油の流動点が-30度程度であり、太平洋側津波遡上区間(釧路、帯広管内)の過去10年の日最低気温は-25度程度であることから、ギヤ油の状態を常に正常に保つことで、開閉器の操作は可能であると考ええる。

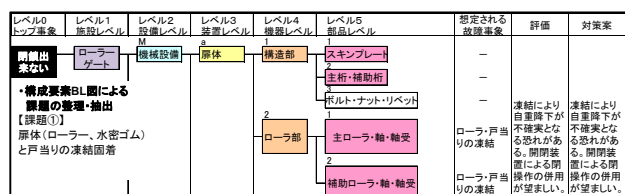


図-34 スライド式ゲートブロック図(抜粋)

5.2.2 門柱レスゲートの課題例

門柱レスゲートの扉体の凍結固定(図-35)により、ゲート開度8度で固着した場合、1.9m³/s程度の逆流が予想される。側部水密ゴムの追加による間隙の閉塞や函体内面への塗料塗布で着氷力の低下を図る等の対策が考えられる。

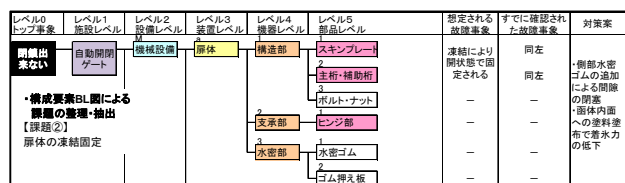


図-35 門柱レスゲートブロック線図(抜粋)

5.3 まとめ

冬期間の樋門において、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い、課題を抽出した。

スライドゲートでは、多くの樋門で結氷や積雪があったが、ゲートの自重による閉動作は可能であることがわかった。

門柱レスゲートでは、通常、扉体が開度8度程度で開くべきものが、凍結により全閉(開度0度)になっていた扉体もあった。

机上での検討であるが、開閉装置による開操作の併用や潤滑油の基本的な維持管理、水密ゴムの簡易な改良など、冬期稼働に向けた対策案を取りまとめた。

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) (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
- 3) ドリユー・トロイヤール、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
- 4) ジムフィッチ: 油中元素の発生源(日本語翻訳版), 2011.2
- 5) 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)
- 6) 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
- 7) 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)

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
Cold-Region Technology Promotion Division

Author : YAMAGUCHI Kazuya

HIRACHI Kazunori

EINAGA Tetsuya

ISHIKAWA Masahiro

TAIRA Tomonari

SAITO Kaname

TSURUSAWA Toshiki

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 sluiceway 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.

The correlativity between the RGB colorimetry of membrane patches made by filtration of lubricant of sluiceway operating apparatus and the lubricant particle count was clarified, and easy lubricant deterioration diagnosis method by using RGB colorimetry was proposed. Furthermore, problems about winter season operation of sluiceway were extracted and countermeasures were organized.

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