

# 建設機械用作動油規格の JCMAS 化

長尾正人・杉山玄六

社団法人日本建設機械化協会油脂技術委員会では、潤滑油協会、石油連盟、フルードパワー工業会など幅広い分野の意見を集約して、建設機械用油圧作動油の JCMAS 化に取り組んだ。設備機械用の ISO 規格をベースに、建設機械特有の要求特性を加味した規格であり、建設機械用の作動油 2 規格、ならびに付随する試験方法等の 4 規格、計 6 規格が、当協会標準部会により JCMAS 化された。

キーワード：油圧作動油、鉍物系作動油、建設機械、油圧ショベル、作動油寿命、生分解性作動油、油脂、グリーン調達、シングルグレード、マルチグレード、潤滑性、熱安定性、ピストンポンプ試験、摩擦特性

## 1. はじめに

本報文では、鉍油性のベースオイルの使用を念頭においた建設機械用作動油（HK；JCMAS P041）及び、生分解性を有する建設機械用生分解性作動油（HKB；JCMAS P042）の 2 規格と、引用規格の開発・規格制定状況について報告する。

これらの油圧作動油規格が、潤滑油業界等ではなく、社団法人日本建設機械化協会油脂技術委員会（以下、当委員会）を中心に開発されたが、その理由は以下の 4 点からであった。

- ①比較的低圧で、かつ管理された油温下で使用される設備機械とは異なり、建設機械特有の高圧・高温という使用条件に対応する潤滑油の品質規格が無かった。そのため、性能、信頼性の面から、車体メーカー毎に異なった作動油の使用が要求される等、建設業界等の使用者側からすれば、不合理な点があった。このため、車体メーカーが推奨可能な油圧作動油規格を策定し、それにより使用者の油種管理を容易化したいという要求があった。
- ②油圧作動油の品質規格を統一することで、性能・品質面で問題のある潤滑油を排除し、かつ、品質を管理することで油圧機器の耐久性を向上させたいという要求があった。
- ③生分解性作動油に関しては、建設機械メーカー、油圧機器メーカー、及び建設機械使用者からの要求である、油圧機器に悪影響を及ぼさない性能、万一漏洩しても環境に与える負荷の少ない生分解性能のいずれも

満足する作動油品質規格が要求された。

- ④生分解性作動油の使用をグリーン調達法に提案する場合に、公的は性能基準の策定・規格化が必要であった。

これらに対応して、当協会油脂技術委員会は建設機械メーカー、石油メーカー、添加剤メーカー、油圧機器メーカー、シールメーカー、及びフルードパワー工業会など幅広い分野の委員を集めて、世界初となる建設機械用油圧作動油の規格作成に取り組んだ。この結果、建設機械用の作動油 2 規格、ならびに付随する試験方法等の 4 規格、計 6 規格を開発し、当協会標準部会により、規格化（JCMAS）された。

## 2. 建設機械用作動油規格（HK；JCMAS P041）

鉍物油をベースとした産業用作動油については国際標準化機構が ISO11158 規格を制定しているが、想定されたのは、設備機械用の油圧機器を対象にした品質規格である。

この品質規格は、先に述べたように、過酷な条件で使用される建設機械用作動油の規格としては十分では無く、各建設機械メーカーは、市場実績を基にそれぞれ独自に推奨作動油を石油メーカーと共同開発し、品質規格を定め、結果として、自社向けに開発した作動油の使用を、使用者に推奨してきた。

当協会油脂技術委員会では、各建設機械メーカーや作動油メーカーが持つ技術ノウハウや、評価方法等の実績をベースに、定格圧力 34.3 MPa、油温 100°C で、共

表-1 JCMAS HK 分類

分類	記号	適用
シングルグレード	VG32 VG46	主として大気温-5°C以上の作業環境で稼働する建設機械に用いる。
マルチグレード	VG32W VG46W	主としてVG32Wは大気温-25°C以上、VG46Wは大気温-20°C以上の作業環境で稼働する建設機械に用いる。

通に使用できる建設機械用作用油規格として、本規格を開発した。

表-1にJCMAS HK規格の分類を示す。品質分類としては、シングルグレードとマルチグレードの2分類とし、それぞれVG32とVG46の2種類にISO粘度グレードを設定した。マルチグレードは独自に決めた低温用の作用油規格で、低温粘度、流動点、粘度指数でシングルグレードより優れた性能を有する。

JCMAS HKでは物理化学性状の要求値及び、高速四球試験、ポンプ試験、摩擦特性試験、などの機械試験の要求値を明示した。

物理化学性状では、ISO11158規格の項目及び要求値に準じて規定したが、建設機械用作用油として重要でないと思われる項目（密度、色、外観、水分、放気性、水分離性）については、除外し、また採用した項目に関しても、要求数値を建設機械用として必要十分な数値に見直しを行った。

建設機械用作用油で、主に要求される性能は、  
①油圧機器の摺動部を保護する潤滑性、耐摩耗性  
②高温及び高圧の環境下でも劣化しにくい熱的安定性  
③油圧機器のブレーキ性能を左右する摩擦特性  
の3点である。

先に述べたISO11158規格にはこれらの規格試験はほとんど含まれていないか、あっても不十分であったため、潤滑性評価、熱安定性評価、摩擦特性評価について新たに規格試験を追加している。

また、ISO11158では潤滑性評価の一部であるポンプ試験にVickers104C (V104C) ベーンポンプ試験を採用しているが、圧力的に13.7 MPaと低く、当委員会の審議としては、最高圧力も34.3 MPaと高圧で使用される建設機械用ピストンポンプへの使用を推奨するには、規格として不十分との結論に達した。

そこで、高圧ピストンポンプで作用油を評価する試験法の検討を行ったが、ASTM等の公的な試験法においても、ピストンポンプは油圧機器メーカー各社で仕様異なるため、複数の提案があり、各々が自社ポンプの規格採用を主張し統一されていないのが現状である。

そのため、国内各社の実績ある試験法を、各委員が提案し、その内容をベースに、潤滑性、及び熱安定性

の評価法方法を審議した結果、圧力34.3 MPaの比較的高圧下で実施する2種類のピストンポンプ試験法が提案された。いずれの試験法も建設機械メーカーにおいて、市場との相関が得られているピストンポンプ試験である。

提案されたピストンポンプによる試験法は、高圧ピストンポンプによる寿命評価方法(JCMAS P045)、及び、高圧ピストンポンプ試験による潤滑性評価方法(JCMAS P044)の2種類の評価方法である。詳細は後述する。これら2種類のピストンポンプは、それぞれ固有の設計がなされており、各種の油圧機器に使用される部材間の摺動部の潤滑性を評価するのは、技術的に難しいため、HKの品質規格は、上記2種類のピストンポンプ評価方法のいずれかを満足し、かつFZG歯車試験(DIN 51354-2、及びJPI-5S-32、JPI-5S-40)で規定されるシェル四球式の耐摩耗試験、耐荷重試験を満足する事とし、これらの試験の組み合わせで潤滑性と熱安定性を評価することとした。

ベーンポンプ試験については、ISO11158で定義されているV104Cベーンポンプ試験(ASTM D2882)に加えて、より高圧の35VQ25ベーンポンプ試験(ASTM D6973)の提案も建設機械メーカーよりなされた。しかし35VQ25試験は、試験可能機関が限定されたため、ベーンポンプについても、35VQ25か、V104Cどちらかを選定できることとして、ピストンポンプ試験と同等にFZG歯車試験、シェル四球式などの摩耗試験で補っている。

さらに、建設機械は駐車ブレーキを装着しているため、摩擦特性も重要である。この摩擦特性に関する性能については、先に述べたISO11158規格に規定が無いため、本規格では、マイクロクラッチ試験と、SAE No.2試験機を用いた摩擦特性の評価方法が提案された。

トランスミッションオイル等の自動車向け潤滑油と比較して、粘度の低い建設機械用作用油を、一般的なSAE No.2試験機の評価基準で評価したところ、摩擦板の損傷が発生し、この結果、評価データの十分な再現性が得られなかった。そのため、油圧機器に組込まれた湿式ブレーキ試験の評価結果と、SAE No.2試験との間で相関性を持てるよう、試験条件の再設定を行い、新規条件による試験法を開発した。このような経過から、摩擦特性の評価方法としては、SAE No.2試験機、及び過去からの実績で、摩擦特性評価方法として確立されているマイクロクラッチ試験機のいずれでも評価可能とした。これら2つの試験法は、摩擦特性試験方法(JCMAS P047)として、標準部

会のパブリックコメント募集を経て、規格成立している。

### 3. 建設機械用生分解性作動油規格 (HKB JCMAS P042)

産業用の生分解性作動油については国際標準化機構が ISO15380 規格を制定しているが、HK の場合と同様に、一般産業用の油圧機器を対象にした品質規格であり、建設機械用には不十分であった。

特に先行して普及した欧州において、不適切な使用や、品質による油圧機器の不具合も散見された。そこでこれらの不具合情報や顧客要望を基に、当委員会では各種建設機械に適用可能な生分解性作動油規格として本規格を開発した。

表—2 に HKB 規格の分類を示す。

表—2 JCMAS HKB 分類

分類	記号	適用
常温用	VG32 VG46	主として大気温 -5°C 以上の作業環境で稼働する建設機械に用いる。
低温用	VG32L VG46L	主として VG32L は大気温 -25°C 以上、VG46L は大気温 -20°C 以上の作業環境で稼働する建設機械に用いる。

品質分類としては、常温用と低温油の 2 分類を規定し、それぞれ VG32 と VG46 の粘度グレードを設定した。低温用は VG32L 及び VG46L で表記され、低温粘度、流動点で常温用と区別される。常温用を設定した理由としては、東南アジアなど温暖な地域向けとしては、低コストな生分解性基油を適用可能とすることで、普及のしやすさを狙った。

JCMAS HKB では物理・化学性状の要求値及び、高速シェル四球試験、ポンプ試験、摩擦特性試験、及び生分解性試験などのリグ試験の要求値を明示した。物理化学性状では、ISO15380 規格の項目及び要求値に準じて規定したが、HK と同様に建設機械用作動油として重要ではないと思われる項目については、除外した。また採用した項目に関しても、要求数値を建設機械用として必要十分な数値に見直しを行った。

潤滑性評価、熱安定性評価、摩擦特性評価については ISO15380 で不十分であったため、HK と同様に規格試験を追加した。追加したピストンポンプによる試験法は、高圧ピストンポンプによる寿命評価方法 (JCMAS P045) である。

各種の油圧機器に使用される部材間の摺動部の潤滑性を評価するのは、HK 同様、このポンプのみの評価では、技術的に難しいため、HKB の品質規格は、上記寿命評価方法を満足し、かつ FZG 歯車試験 (DIN

51354-2、及び JPI-5S-32、JPI-5S-40) で規定されるシェル四球式の耐摩耗試験、耐荷重試験を満足する事とし、これらの試験の組合わせで潤滑性と熱安定性を評価することとした。また、ベーンポンプでの評価は、ISO11158 で定義されている V104C ベーンポンプ試験 (ASTM D2882) とし、摩擦係数やシール材の試験は生分解性作動油に合わせて HK とは異なる試験条件や規格値が設定された。

生分解性の基準については、今後も都度見直しが行われることが予想されるので、日本環境協会の最新エコマーク認定基準に従うこととし、日本環境協会の更新の度に JCMAS HKB も更新されることとなる。現在の基準は OECD 法等において、28 日間で 60% 以上である。

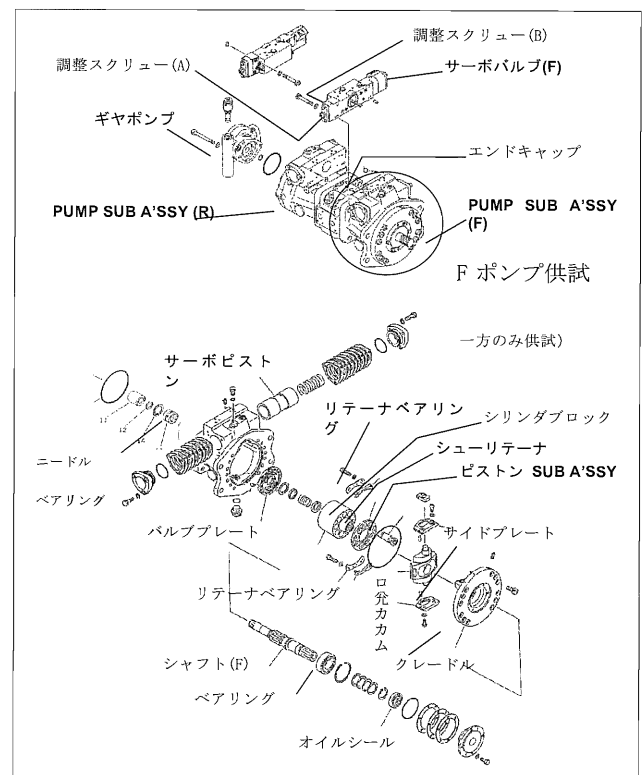
### 4. 建設機械用高圧ポンプ試験

建設機械用作動油の規格制定において、新しく設定した 2 種類のポンプ評価方法について以下に示す。

#### (1) 高圧ピストンポンプ試験による潤滑性評価方法 (JCMAS P043)

##### (a) 供試ポンプと油圧システム

本評価方法に使用する HPV35+35 ポンプは図—1



図—1 HPV35+53 ポンプ外観と部品図

に示すタンデムの斜板ピストンポンプで、過去に油圧ショベル用に採用していたものである。

定格圧力 31.4 MPa で 35 mL/revolution の定格流量である。評価はフロント側ポンプのみを供試する。試験圧力は定格よりも厳しい 34.3 MPa をかけて過酷条件としている。回転速度は 2,100 rpm, タンク油温は 95°C である。

(b) 試験方法と評価

試験条件を表一三にまとめる。

本試験は表中に示すように無負荷から 34.3 MPa 負荷の 1 サイクルを 5 秒間繰返し、100 時間毎にオイルサンプリングとポンプ流量測定を実施する。試験は 500 時間後、分解調査する。全評価項目と合否判定基準を表一四に示す。主な評価項目はポンプの流量変化、

表一三 試験方法の条件詳細

項目	試験条件
油圧 (MPa)	34.3
ポンプ回転数 (min <sup>-1</sup> )	2,100
試験サイクル	
流速 (L/min)	20~60
油温 (°C)	95
全油量 (L)	62.5
オイルサンプリング (h)	100 毎
流量測定 (h)	100 毎
試験時間 (h)	500

表一四 試験評価項目と合否判定基準

No.	評価項目	判定値
1	運転状態 流量低下 (%)	3.0 以下
2	部品調査 シリンダ内径変化 (mm)	0.050 以下
3	部品調査 ピストン径変化 (mm)	0.030 以下
4	部品調査 ピストンシュー厚き変化 (mm)	0.050 以下
5	部品調査 ピストン・シュー間ガタ (mm)	0.020 以下
6	部品調査 シリンダ球面部摩耗量 (mm)	0.015 以下
7	部品調査 ロッカーカム摩耗量 (mm)	0.015 以下
8	部品調査 クレドール摩耗量 (mm)	0.020 以下
9	部品調査 サーボピストン摩耗量 (mm)	0.005 以下
10	部品調査 オイルシールの主リップ摩耗巾	0.80 以下
11	部品調査 部品外観	焼付き・かじり・エロージョン損傷・面荒れ・著しいデポジット・ラッカ・析出物のないこと。但し、ロッカーカム・クレドールの吸込み側円筒面の焼付き・かじり・移着の面積は円筒面の10%未満は合格
12	部品調査 フィルタ	詰まり無し
13	オイル分析 40°C 動粘度変化率 (%)	5 以内
14	オイル分析 全酸値 TAN 増加 (mgKOH/g)	0.8 以下
15	オイル分析 水分 (%)	0.1 以下
16	オイル分析 n-ペンタン不溶解分 (%)	0.1 以下

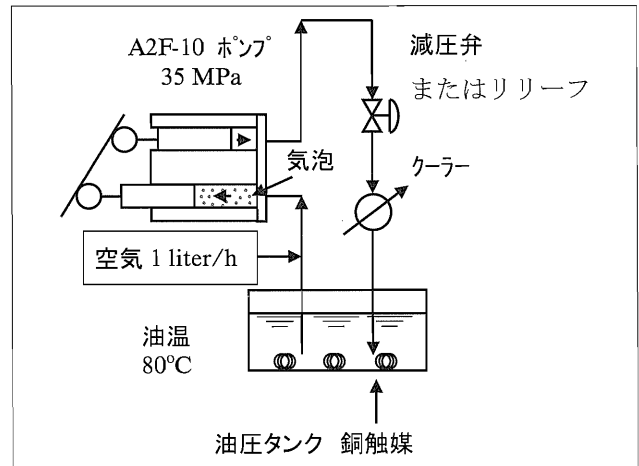
表一四に示す摺動部品の摩耗計測と焼付きなど部品外観チェック、フィルタ閉塞と作動油の性状変化である。

(2) 高圧ピストンポンプによる寿命評価方法 (JCMAS P045)

作動油の熱安定性 (= 寿命) 評価を行う場合、従来の加速酸化試験 (ISOT, TOST 等) では実機での劣化と相関関係が見られない場合が多い。その理由は、従来の試験方法では全体が高温になり、劣化が進むが、実機の場合、作動油は高温部分で局部的に劣化が進むためと考えられている。吐出容積 10 mL/rev の A2F-10 ピストンポンプを用いた本評価方法では作動油の局部的な劣化を再現することが可能なので、実機に近い加速試験が可能な評価方法である。

(a) 試験方法の概要

図一2に JCMAS P045 ポンプ試験の装置図を示した。断熱圧縮による作動油の劣化を評価するために、この試験ではポンプ入口側で空気を吹込み、気泡表面で局部に劣化をさせる。また、劣化を促進させるため、タンク内に銅触媒を入れている。



図一2 JCMAS P045 ポンプ試験の装置図

試験条件を表一五に示した。この条件は油圧ショベル作動油の劣化状況のフィールドデータを時系列的に分析し、その結果から 5~8 倍の加速試験となるよう

表一五 試験条件

項目		
ポンプ形式	(一)	A2F-10
ポンプ圧力	(MPa)	35
ポンプ回転数	(rpm)	1,500
流量	(L/min)	15
油量	(L)	13
油温	(°C)	80
空気供給量	(L/h)	1
触媒	(一)	銅コイル
試験時間	(h)	500

設定されている。

測定項目を表-6に示す。

表-6 分析項目

項目	規格
動粘度 (40°C) (mm <sup>2</sup> /s)	JIS K 2283
動粘度 (100°C) (mm <sup>2</sup> /s)	JIS K 2283
粘度指数 (—)	JIS K 2283
酸価 (mg KOH/g)	JIS K 2501
塩基価 (mg KOH/g)	JIS K 2501
泡立ち (24°C) (mL)	JIS K 2518
色 (ASTM) (—)	JIS K 2580
ミリポア値 (mg/100 mL)	JIS B 9931
金属分析	JIS K 0016
銅 (ppm)	
亜鉛 (ppm)	

なお、分析のためのサンプリング量は、劣化の度合いに影響を与えるため、定められた量とすることが重要である。

本規格の評価は下記 A~C の 3 項目にてベースオイルの劣化と添加剤の消耗を評価する。その他、D 項以降の数値は、参考値とし、一般的な性状変化のチェック項目を ( ) 内に示す。

- A 粘度増大 (ベースオイルの劣化状況)
- B 酸価増加 (ベースオイル, 添加剤消耗)
- C ミリポア値 (ベースオイル, 添加剤消耗)
- D 作動油中の銅分増加量 (添加剤消耗)
- E 色 (ベースオイルの劣化状況)
- F 泡立ち (スラッジ発生状況)

#### (b) 寿命の評価

作動油の寿命を判断する基準値を表-7に示す。サンプリングした作動油の分析値が基準値を超えた場合は、寿命限界に達したと判断する。

表-7 寿命の基準値

	基準値
A 粘度増加 (%)	10 >
B 酸価増加 (mg KOH/g)	2 >
C ミリポア値 (mg/100 mL)	10 >

## 6. おわりに

従来明確でなかった建設機械用作動油に対し、鉱油系作動油、生分解性作動油の 2 種類のものについて JCMAS として、明確に品質性能を規定したことにより、各メーカーのどの建設機械にも適正かつ、共通して使用できる高品質のものが建設機械ユーザに提供できるようになるものと期待している。

また、この建設機械専用の油脂により、不具合減少や、環境保護に一助にもなることも期待している。

今後は、これら作動油規格の普及促進のため、潤滑油協会、フルードパワー工業会等の作動油に関連しておられるステークホルダの協力を仰ぎ、本規格のオンファイルシステムの構築と、それに並行して、SAE ASIA での普及活動、ISO 提案等を実施していきたい。

建設機械、特に日本設計の車体が世界シェアの約 80% となった油圧ショベルのように、作動油規格に関しても、日本発信の技術を、グローバルに普及させることに努めてゆく所存である。会員の皆様のご支援頂ければ幸いである。

JCMAS

#### [筆者紹介]

長尾 正人 (ながお まさんど)  
株式会社タダノ  
開発部油空圧ユニットユニットマネージャ  
社団法人日本建設機械化協会  
油脂技術委員会委員



杉山 玄六 (すぎやま げんろく)  
日立建機株式会社  
建設システム事業部開発設計センター  
社団法人日本建設機械化協会  
油脂技術委員会委員

