

FMC（FULL MAINTENANCE CONTRACT）における稼働率維持とコンポーネント寿命の延命

田中直之

機械の高稼働率と機体寿命の延命はコスト面を考えた場合相反するものである。

特に FMC（Full Maintenance Contract：包括契約サービス）の様に、収入が契約にて一定の金額に定められている場合には如何に各機器の寿命を延命しコストを抑えて高稼働率を維持するかが大きな課題である。

本報においては超大型油圧ショベルの FMC の実例に基づき如何に高稼働率を維持したかを報告する。

キーワード：FMC，稼働率，APL，再生

1. はじめに

鉱山業者（本報ではコントラクターも鉱山業者に含める）にとって掘削機及び積み込み機の高稼働率維持は採掘資源のクライアントへの安定した供給を保つ為の不可欠な要素である。そのため鉱山業者による機械



写真一 現場風景



写真二 現場風景

メーカーに対する要求は近年の資源事情もあり極めて厳しいものとなってきている。

特に資源採掘の最上流にある掘削機即ち油圧ショベルにおいては更に高稼働率とともに経済性の高さを求められている。従来鉱山業者においては各鉱山現場ごとに修理設備を持ち、通常の整備においては自社の整備員による整備が一般的であった。

しかしながら近年の資源ブームによる新規鉱山の開発或いは現存の鉱山の拡張により、経験のある整備員の確保が困難となってきた。

また、価格競争力のアップ及び高収益の確保の為メイン全体のトータルオペレーションコストの低減が大きな課題となってきた。その一環として機械オペレーションコストの低減も例外ではなかった。機械修理に関わる設備投資の減額、自社整備員の削減など固定費の削減は不可欠であった。

一方機械販売者側においても、機械販売後の長期にわたる安定的なサービスによる収益の確保が課題であった。そのため、顧客、機械販売者双方の利害の一致から以前からもメンテナンス及び修理を請け負うような契約は行われていたが、更に一歩踏み込んで機械稼働ほぼ全般を第三者に任せる FMC へと発展してきた。

2. FMC の定義

所定の契約金額により顧客に代わり契約者が機械稼働維持に関する定期メンテナンス、予防保全を含めた全てを請け負う包括した建機のサービス契約で通常

1時間あたりの単価で数年、数万時間単位で契約を結ぶ。但し、時間帯により修理内容が異なる為時間帯ごとに異なったレートを使用する事が多い。

FMCを締結するにあたり、顧客はリスクを最小限にとどめるため、契約者に対し稼働率保証などのペナルティー条項が盛り込まれるのが一般的な契約形態であり、金銭により補填或いはスタンバイ機によるプロダクションの補填が要求される。

3. FMCを締結するに当たっての準備

FMC締結に当たっては、顧客及び契約者の各々が契約内容を十分理解するのは当然であるが、お互いの契約リスクを最小限にするための周到な準備が必要である。

(1) 稼働地の詳細調査と仕様決定

油圧ショベルにおいては稼働現場の環境によって部品の消耗度に大きな違いが生じる。また掘削対象物の比重によってはバケットサイズや作業リーチに対し適切な選定をすることにより油圧機器はもとより機体自体へのオーバーロードを未然に防ぐ事が出来る。

これらは、機械を選定するに当たって極めて重要な要素である。

(2) 保守整備計画

顧客の取り扱い不良など予期できない突発的な故障を除いた整備計画の作成。日常点検、月例点検、オイルフィルターの交換など通常のメンテナンス計画に加え、エンジン、走行装置等コンポーネントのオーバーホール計画、機械全体のオーバーホールに加えブームなどの製缶構造物の点検修理計画も合わせて作成し稼働率のよい機械の休車計画を立てることが重要である。

(3) 設備と人員計画

機械台数、現場の状況に合わせた適切な設備及び人員の配備計画の立案に加え当然、稼働地域での現地人の採用が必要でありその教育計画も事前に準備する必要がある。

また、高地やジャングル内での稼働となった場合健康などへの負担を配慮した人員の定期ローテーション計画が必要となる。

(4) 部品在庫計画

通常のメンテナンス部品（オイル、フィルターなどの消耗品）に加えイニシャルストックとしてオペ

レーションミスによる故障、突発的な予期しない故障に対するコンポーネント類の在庫の選択が必要となる。また、メンテナンス計画に則った部品の発注計画を立てなければならない。その際、在庫を効率よく運営する為に部品の輸送、通関などロジスティック業務の把握も重要な項目である。適正在庫による金利負担の削減、死在庫（DEAD STOCK）の防止もFMC収支の向上を図る重要な鍵である。

4. FMCの締結

契約金額を算出するには下記に示す数値に契約者の利益を加味した数字が最終的な契約金額となる（総額を契約時間で割った1時間あたりの金額が契約金額となる）。

- ①使用される部品総額
- ②作業費（ダイレクトコスト）
- ③契約者の設備投資にかかった費用の償却費
- ④プロジェクトのオペレーションコスト（間接員の費用その他諸経費）

但し③④については月額のみニマムチャージとて請求することが一般的である。

顧客側の条件とし契約者に対し何らかの対価（ペナルティー条項）を求めることになる。多くの場合稼働率の保証が求められる。

稼働率は一般的に下記の式で表される。

$$\frac{(\text{Scheduled operation hours} - \text{Down time}) \times 100}{\text{Scheduled operation hours}}$$

Down time = scheduled down + unscheduled down

定期メンテナンスなどの scheduled maintenance についても通常ダウンタイムに数えられる。契約稼働率に対しマイナス分に対し別途顧客とペナルティーを取り決めることになる。

先に述べたようにスタンバイ機（代車）或いは金銭的保証が一般的である。

5. インドネシアで行われたFMCの実例

(1) 稼働現場

インドネシア カリマンタン島 サンガッタ(図—1)

(2) 作業内容

石炭採掘のオーバーバーデン（表土掘削及び積み込み）



図一 稼働地 (カリマンタン島サンガッタ)

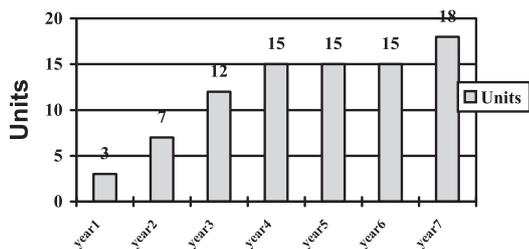
(3) 顧客

KALTIMA PLIME COAL (KPC)

年間当初 800 万トンの石炭採掘から始まり現在約 4000 万トンまで生産量が増加した。

(4) 契約台数の推移と契約時間

初年度 180 トン級ショベル 2 台, 350 トン 1 台から最終的には各々 6 台, 12 台の計 18 台が契約対象となった (図一 2 参照)。



図一 2 Machine Population

(5) 契約稼働率

契約稼働率においても経年における機械の状態や計画的オーバーホールのタイミングを加味し表一 1 の如く結ばれた。

表一 1 契約稼働率

Period (hours)	Availability
0 - 7,000	92%
7,001-14,000	89%
14,001-21,000	89%
21,001-28,000	88%
28,001-35,000	90%
35,001-42,000	87%

24 時間 360 日稼働を分母としたが実際には天候や不可抗力による機械の不稼働時間については顧客、契約者同意の上除外し稼働率を計算する。概ね年間の稼働時間は 6,500 時間程度となった。

本契約におけるペナルティーは稼働率を 3 ヶ月ごと

にローリングし不足分に対しスタンバイ機の無償提供という形になった。即ち 18 台のうちの 350 トン級ショベル 1 台はスタンバイ機用に、契約者が契約者資産として顧客現場に提供したものであった。

(6) 顧客と契約者の責任分担

顧客と契約者の機械稼働における役割を表に纏めたものが表一 2 であり契約者側の責任が 9 割を占めることになる。

表一 2 顧客と契約者の責任分担

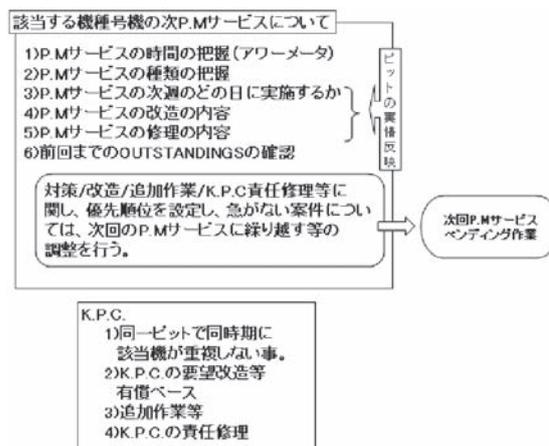


顧客 (KPC)	契約者
1. 日常燃料補給、給油脂作業	1. 潤滑及びサービスの監督指導
2. 機械の清掃	2. 機械点検整備及び修理作業
3. 作業場と現場用移動クレーンの提供	3. 部品 (保守用) 供給及び管理
4. 機械保守における溶接消耗品の提供	4. 部品在庫管理
5. GET (バケット用消耗品) の供給	5. サービスの為の人員確保と輸送手段
	6. サービス施設と倉庫

(7) メインテナンス計画 (整備計画)

初年度 3 台であった機械は最終的には 18 台まで増車された。オーバーホールなどの整備が重なった時期に来るため効率の良い整備計画の立案が高稼働率を維持させていく上で必要となる。

これらに加え顧客要望の改造など有償修理の作業計画も織り込む必要がある (図一 3)。



図一 3 該当 PM サービスの実施

実際には計画通りに整備が行われずペンディング事項の潰しこみが出来ておらず予期せぬ休車時間を招いた。そのため対応策として大日程の P.M. (Preventive

Maintenance：予防保全) 計画書に基づき、機種号機毎に整備計画ミーティングを実施時期の前週に行い、ペンディング事項や整備実施事項を確認し、確実に実施する体制を整備した。

(8) 人員及び教育

最大 18 台の超大型ショベルを 90% 以上の稼働率で稼働させる為当初 26 名で始まったプロジェクトは 186 名まで増加し順次教育を実施した。

急激に人員は増加したが、現地採用の整備員のレベルが極めて低かったことに加え、定着率の悪さが故障の繰り返しを発生させる一つの原因となり稼働率を押し下げる結果となった。

そこで、整備員各々の能力を把握し永続的にレベルアップを図る教育システムを図一 4 の如く構築した。また、整備内容をビジュアル化させるための資料についても充実を図るとともに現地語化を出来る限り進めた(写真一 3)。



図一 4 教育システム



写真一 3 現地語に訳された資料

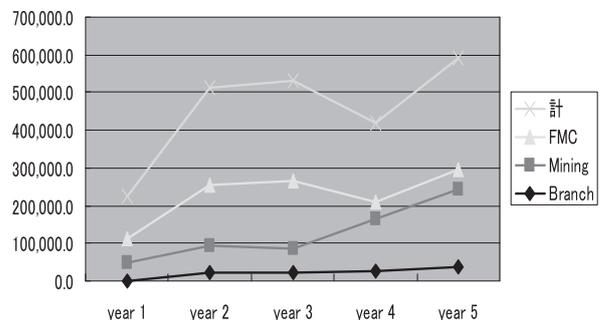
(9) 部品在庫

FMC を遂行していく上でスペアパーツのタイム

リーな供給は最も重要な命綱といえる。周到な準備を整えたとしても部品がひとつでも不足すれば満足なサービスは行えない。

しかしながら、稼働率を維持する為にいたずらに在庫量を増加させれば、部品たな在庫金利負担増になる。一方逆に、在庫レベルを制限すれば、緊急オーダーによる重量物の空輸による送付代の増加に繋がる。部品在庫計画にあたっては、この矛盾する問題に直面した。

部品在庫量については、別項に述べる APL の活用により使用時期を特定し過剰在庫の削減を図った(図一 5)。また、従来ジャカルタ経由での部品入手ルートを生ガポールからの顧客物資輸送ルートにあわせることによりリードタイムの削減を図った。

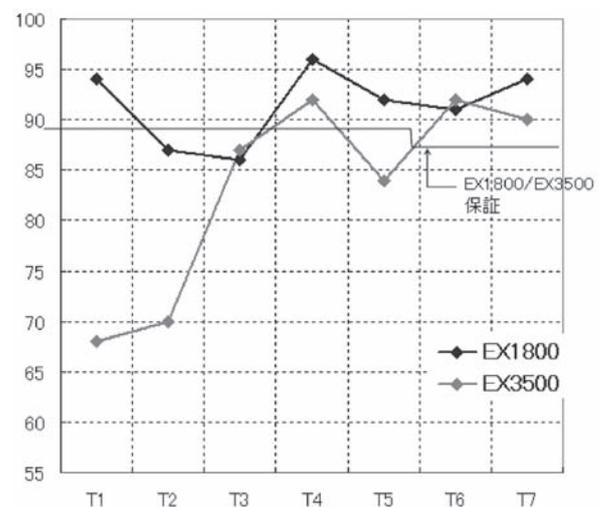


図一 5 部品在庫状況

最終的には保税措置の申請方法の変更なども加え空輸で 17 日、船便で 3 ヶ月の短縮を図ることが出来た。

6. 稼働率の維持に関するさらなる対応

各種の対策を打ちながら当初大幅に下回っていた稼働率は図一 6 のように改善した。



図一 6 稼働率の推移

更に稼働率のアップと収益性の向上を図る為 APL の確立とコンポーネント再生事業の取り込みを図った。

(1) APL (アプリケーションパーツリスト)

整備計画充実と整備内容の充実とに分け整備時の取りこぼしを避けるため各時間帯ごとの交換部品を細かく分類し、各部品を予測交換時期別にまとめた APL を作成した (表-3)。そして、これを元に在庫計画、保守計画を実行する事により、FIX AS FAIL (故障時の修理) から、予防保全 (事前修理) の考え方へ移行していった。

当然、交換時の摩耗データなどから APL の整合性を検証するとともに、オイル分析などを利用し最適の状態で機器が稼働できるようモニターを行った。また、各故障データの製造者へのフィードバックによるすばやい製品への技術対応を図ることにより当初予測した機器の交換時間を大きく改善し収益性の向上を図った。当初ポンプなどの油圧機器の寿命を 8,000 ~ 12,000 時間程度で見積もっていたが、油脂類の管理を徹底させたことから 12,000 ~ 20,000 時間と 1.5 倍前後まで段階的にコンポの寿命を延ばすことができた。

表-3 APL の実例

SYSTEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARK	EST. COST	ACT. COST	SAVING
UNDERCARRIAGE	ADJUSTER CYLINDER LH - INSTALL REMAN	1	3	227,737.27	\$63,271.81	\$1,16	
	ADJUSTER CYLINDER RH - INSTALL REMAN	1	3	227,737.27	\$63,271.81	\$1,16	
	ADJUSTER GREASE CHANGING LH - REPLACE HOSES & SEALS	2	3	\$554.59	\$5,327.54	\$5.85	
	ADJUSTER GREASE CHANGING RH - REPLACE HOSES & SEALS	2	3	\$554.59	\$5,327.54	\$5.85	
	ADJUSTER GREASE CHANGING LH - REPLACE VALVES	2	1	\$296.08	\$413.36	\$9.81	
	ADJUSTER GREASE CHANGING RH - REPLACE VALVES	2	1	\$296.08	\$413.36	\$9.81	
	DRIVE TUMBLER LH - INSTALL NEW	1	3	\$87,278.20	\$91,854.69	\$3.64	
	DRIVE TUMBLER RH - INSTALL NEW	1	3	\$87,278.20	\$91,854.69	\$3.64	
	DRIVE TUMBLER SHAFT & BRGS LH - INSTALL NEW	1	1	\$95,727.87	\$95,727.87	\$0.79	
	DRIVE TUMBLER SHAFT & BRGS RH - INSTALL NEW	1	1	\$95,727.87	\$95,727.87	\$0.79	
	FRONT MOTOR GUARD HD - INSTALLATION HARDWARE	1	3	\$3,339.30	\$1,819.79	\$0.16	
	FRONT IDLER LH - INSTALL NEW	1	3	\$86,181.53	\$264,544.39	\$3.67	
	FRONT IDLER RH - INSTALL NEW	1	3	\$86,181.53	\$264,544.39	\$3.67	
	LOWER ROLLER ASBY LH - INSTALL NEW	1	3	\$142,544.36	\$427,653.09	\$3.94	
	LOWER ROLLER ASBY RH - INSTALL NEW	1	3	\$142,544.36	\$427,653.09	\$3.94	
	TRACK PAD LH - INSTALL NEW SET	1	3	\$375,321.86	\$1,121,765.58	\$15.58	
	TRACK PAD RH - INSTALL NEW SET	1	3	\$375,321.86	\$1,121,765.58	\$15.58	
	UPPER ROLLER LH - INSTALL NEW SET	1	3	\$11,420.36	\$34,236.48	\$0.48	
	UPPER ROLLER RH - INSTALL NEW SET	1	3	\$11,420.36	\$34,236.48	\$0.48	
	TRACK SIDE FRAMES - REPLACE ATTACHMENT HARDWARE	1	0	\$45,034.39	\$0.00	\$0.00	
	TRAVEL COVERS - REPLACE	1	0	\$17,256.30	\$0.00	\$0.00	
\$4,919,449.92							

(2) 機器再生の取り込み (REMANUFACTURING)

機器再生の取り込みによりコンポーネントのアッセンブリー交換から内部部品の交換によるコンポ再生によってコストダウンを図った (写真-4, 5)。APL の活用により事前保証が可能になり完全に内部部品が破損する前の部品交換となり修理コストは飛躍的に低減できた。また、FMC 契約によりコアが確実に回収できるというアドバンテージも有った。しかしながら OEM コンポの詳細データの入手などまだ残された課題はある。

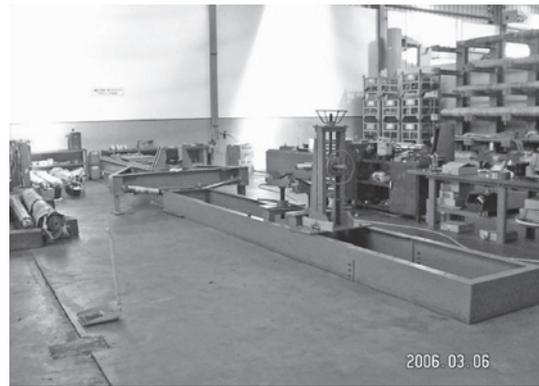


写真-4 シリンダー分解装置

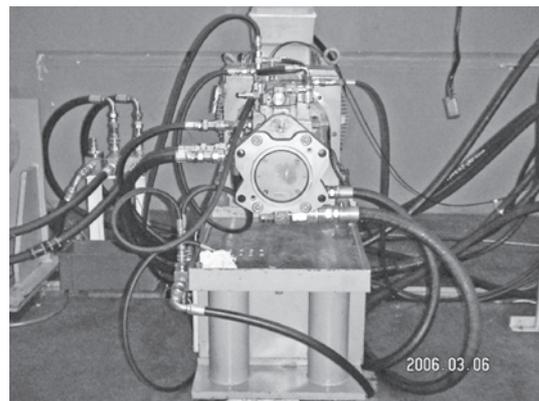


写真-5 ポンプテスター

(3) 改善の結果

これらの方策を打ったところ FMC の収益は飛躍的に伸びる結果となった (図-7)。

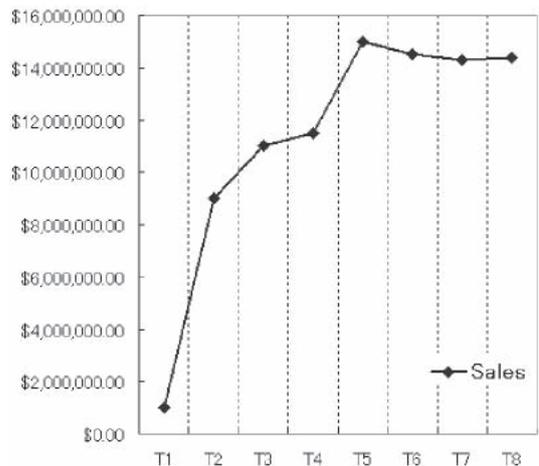
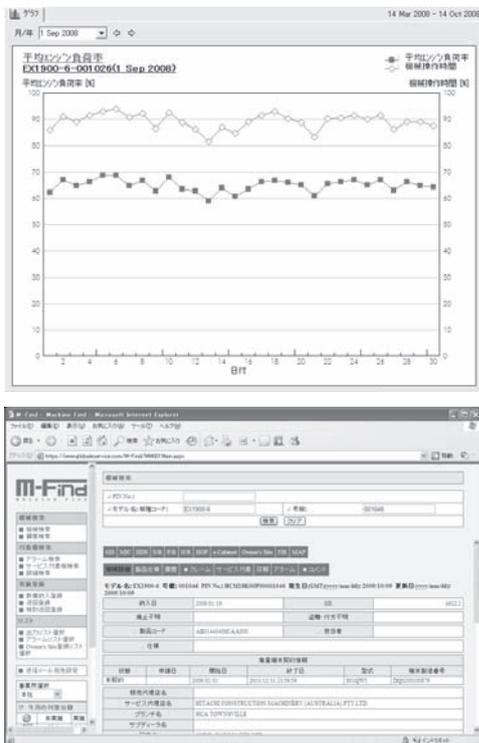


図-7 FMC Sales

7. 今後の課題

如何に稼働中の機械の状態を把握するかが FMC を成功させる重要な要素である。近年メーカーによって衛星通信による機械状況のリアルタイムでの入手も

図られているようだが、国情によってはいろいろな制限が有り一朝一夕には行かない。FMC 運営に当たっては本報でも述べたように如何にタイムリーに整備を行うか、また決められた整備計画の間に突発的な修理をしないということが、競争力を維持する為には更に重要となる（図—8）。



図—8 機械管理システムの一例

8. 終わりに

超大型ショベルは稼働環境も厳しく、また顧客の要求も極めて高い。今後もその傾向が続くことは昨今の資源調達競争の中、変わる事はないであろう。そのなかで如何に顧客の満足を得ていくかは各社共通の課題であるとする。今後も、FMCを通じ人的資源、部品等の物的資源の使用を最低限に留め収益を上げるとともに再生などにより資源循環を如何に図るか考えていきたい。

JCMA

[筆者紹介]

田中 直之 (たなか なおゆき)
 日立建機㈱
 カスタマーサポート事業部
 テクニカルサポート部
 部長

