

Metso のベテラン設計者に聞く！

(骨材生産機械の歴史について学ぶ)

UBE マシナリー株式会社

運搬・破碎技術部 大阪 SC (名古屋駐在)

主任 山野 裕司

1. はじめに

UBE マシナリー株式会社(以下 UBE)と Metso が骨材生産用破碎機の技術、販売提携を締結し、日本に Metso ブランド (旧：ノードバーグ) の破碎機が導入されて約 50 年が経過した。長い歴史を経て Metso の破碎機は、開発・改良繰り返し現在の姿となっており、今でも進化している。UBE/Metso は、約 10 年前より技術伝承及び双方の技術向上を目的として技術者同士の交流会を開催しており、双方の中堅、若手技術者が積極的に参加、意見を戦わせており、非常に有意義な時間となっている。

技術交流会の一環として、Metso のベテラン設計者の話をインタビュー形式で聞くイベントも開催している。今回、Metso の移動式破碎機のプロダクトマネジャーである Jorma Kempas 氏に話を聞いた。同氏は移動式破碎機の初期開発段階から携わっており興味深い話が聞けたのでそのインタビュー内容を紹介する。

2. Jorma Kempas 氏の紹介

1) 現在の役職：Metso 移動式破碎機プロダクトマネージャー (製品を統括する責任者)

2) 1992 年：日本向け移動式破碎機の初号機に設計担当者として参画。

1995 年：石灰鉱山向け移動式破碎機の粘土対策の協議のために初来日。日本鉱山の粘土原料を見て驚き、その後 Metso の粘土対応特殊機 (オプション) の開発に尽力。

2008 年：移動式破碎機の駆動系の設計変更、開発に従事

2017 年：トンネル用移動式破碎機 (日本市

場むけ) の設計に従事

2024 年 5 月に発売となる移動式破碎機の新モデル EC レンジの開発にも関与。

3) Jorma Kempas 氏に関する写真 (写真 1、2、3)



写真 1 Jorma Kempas 氏



写真 2 Jorma 氏が勤務する Metso 工場

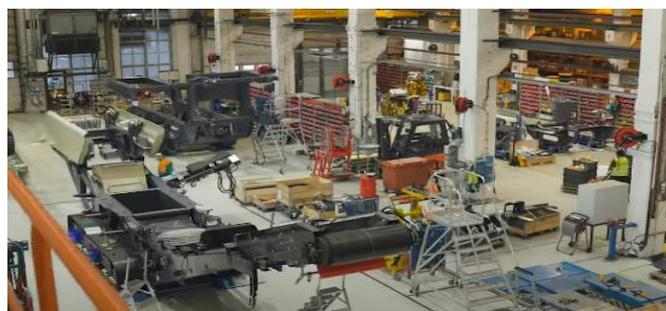


写真 3 工場内で組立中の破碎機写真

3. インタビュー内容

3.1 概要

山野（以下、山）：今日は忙しいところお時間をとって頂きありがとうございます。

Jorma（以下、J）：こちらこそUBEの皆さんと色々な話が出る事を光栄に思います。

（山）：Jormaさんは日本の市場についてどのような印象をもっておられますか？

（J）：日本の顧客様の技術レベル、骨材生産機械の品質要求レベルは世界でトップクラスだと思います。他の国の顧客様も諸々の要求レベルは高いですが、故障発生からその日のうちに機械復旧を普通に要求されるのは日本の顧客様だけだと思います。

（山）：日本向けの破碎機で特に苦労した事は何でしょうか？

（J）：日本の鉱山原料に含まれる粘着性の高い粘土には大変苦労しました。Metsoの初期型のグリズリーフィーダーがあっという間に閉塞してしまうのを見た時には驚愕しました。UBEや顧客様からも粘着性原料の対策のアイデアを出して頂き、何とか対応できる目途が立った時には嬉しかったですね。日本のお客様の改善要望に対応しているうちにMetsoの技術レベルも向上したことは事実です。Metsoの破碎機は、日本のお客様に育てていただいたと言っても過言ではありません。大変感謝しております。

（山）：UBEの印象は如何でしょうか？

（J）：UBEは機械製造メーカ、サービス会社ですが、一方でGr会社に鉱山や化学工場を有しており、一般機械メーカにはない視点を各人が持っていると感じています。当然、長年Metsoの破碎機を製造、販売、サービスしてきた技術がしっかりと伝承されており、MetsoはUBEを信頼できるパートナーと思っています。以前このようなことがありました。Metsoの破碎機を初めて海外へ出荷する前にその国の法規に適合するかの設計上の事前審査が入念に行われます。その審査で我々が気が付かなかった日本独自の法規上の課題をUBEが指摘してくれました。日本には独

自の技術法規が存在し、欧州規格、米国規格で設計、製造された部品が日本では法律違反となり、使用することができないものもある事がこの時に初めて発覚しました。UBEの事前の指摘がなかったら大変な問題となるところでした。

3.2 移動式破碎機の駆動部の設計について

（J）Metsoの破碎機は多種多様な機種があります。山野さんは今回どのような話が聞きたいですか？

（山）昨今の日本では、ウクライナ戦争、円安の影響で軽油、電気代金が高騰しており、どの日本の顧客様も頭を抱えておられます。【移動式破碎機の省エネ】についてお話を聞かせて頂ければと思います。

（J）移動式破碎機の燃費を示す数値として時間当たりの軽油の消費量（つまりL/h）がありますが、この数値よりは、移動式破碎機の燃費の評価としては、生産処理能力（t/h）とその間に消費された燃料の量（L/h）で割った値t/L（生産量当たりのエネルギー消費量）でその機械のもつ省エネ性を評価すべきであると考えます。低負荷（低いロード）で破碎機を運転をすれば軽油の消費量は少ないでしょうが、必要な生産量を処理するための運転時間が長くなり、総合的に省エネ性の高い機械とは言えません。適量のエネルギー（軽油）を消費しながらも、短時間で所定の生産量を処理する移動式破碎機が省エネ性が優れていると評価されるべきです。

破碎機メーカとしては、“生産量当たりのエネルギー消費量”を如何に下げると言う課題については、破碎生産処理能力を如何に高くするかを考える必要があります。

破碎生産処理能力の向上については、

- ①グリズリーフィーダーの選別機能の向上
- ②破碎機の基本破碎性能の向上
- ③グリズリーフィーダーから破碎機への原料安定供給化（エンジン、破碎機の負荷に応じた供給量制御）

以上の3つあると考えます。今日は③を如何に制御するかを含め移動式破碎機の駆動部設計の変遷

についてお話ししましょう。

Metso は 1987 年の移動式破碎機の初号機納入以降の現在に至るまで駆動部について何度か大きな設計変更を実施しています。

図 1 (a) に Metso が移動式破碎機の開発当時の旧モデルの駆動系の概要図を示します。本駆動系は 2000 年代前半の Metso の移動式破碎機まで採用されていました。

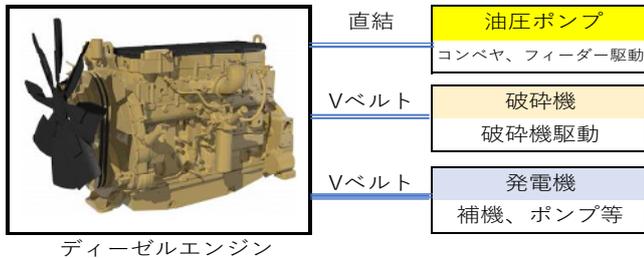


図 1 (a) 旧型駆動系モデル図

ディーゼルエンジンに直結した減速機でディーゼルエンジンの出力パワーを3つに分け、油圧ポンプ、破碎機、発電機を駆動させ夫々の担当する機器を駆動するシステムです。非常に信頼性の高い駆動システムであったと自負しておりますが、欠点としてはディーゼルエンジンの出力を3つに分けてしまう事により、エネルギー消費の観点で考えれば非常に効率の悪いシステムになってしまった事だと総括しています。

図 1 (b) に別の旧型駆動系モデル図を示します。本システムを搭載した移動式破碎機の納入台数は少ないですが、この駆動系も採用した実績があります。

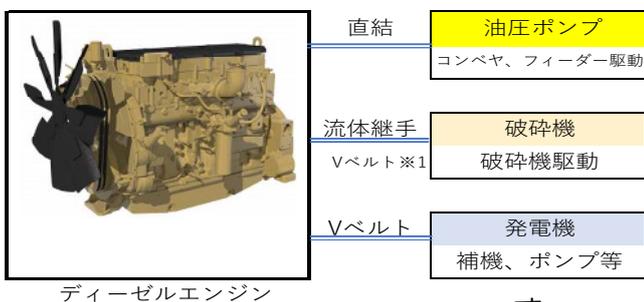


図 1 (b) 旧型駆動系モデル図

(※1) エンジンの出力軸に流体継手と V プーリーを介して破碎機を駆動する。

この駆動系モデルで一番の欠点は、流体継手でした。流体継手はブルカン継手とも言われ、2 枚の羽根間に油を流して動力伝達する継手ですが、破碎機の負荷が高くなってくると、動力伝達率が低下してくると言う欠点がありました。

図 2 に現在の Metso の移動式破碎機の駆動系モデル図を示します。エンジンの駆動源はすべてタンDEM型の油圧ポンプ駆動とし、その油圧源により破碎機、コンベヤ、フィーダーを駆動させます。



図 2 現在 Metso 移動式破碎機駆動系モデル図 (※2) 油圧ポンプからの油圧源により油圧モータ、V ベルトを介して破碎機を駆動させる。

図 3 に中型移動式破碎機の旧型駆動系モデル (図 1 (a) における動力バランス図を示します。エンジン出力を3つに分けたため、負荷変動分の余裕を夫々に持つ必要があり、ディーゼルエンジン総出力 (250Kw) に対して 91 kw分 (36%分) が破碎処理に回せる動力になります。

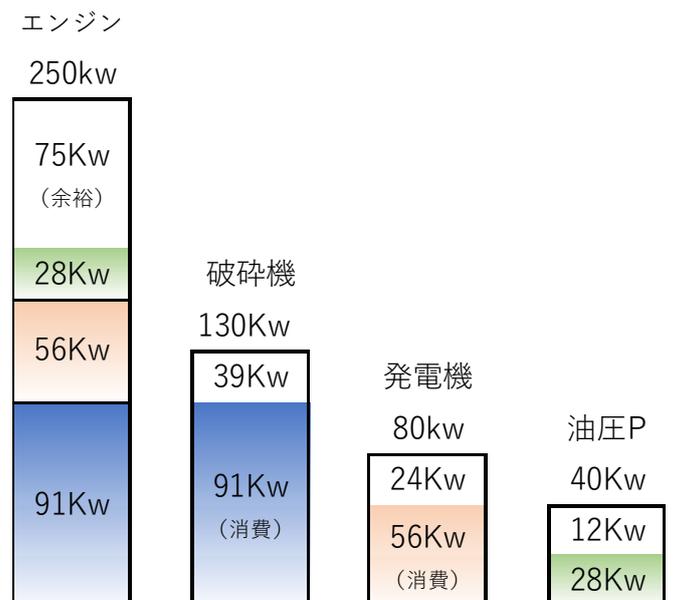


図 3 旧駆動系中型移動式破碎機動力バランス

図4に現在の駆動系の中型移動式破碎機の動力バランスを示します。

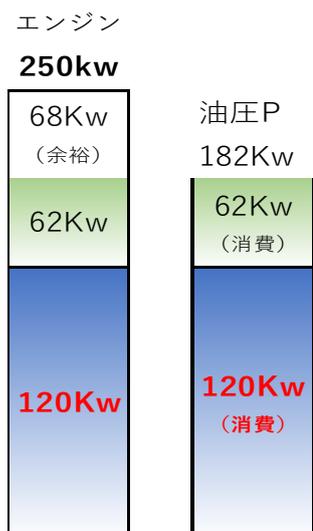


図4 現在駆動系中型移動式破碎機動力バランス

エンジンからの出力は油圧ポンプに集約され、今まで余裕として使用していなかった動力を破碎処理に回すことが出来るようになりました(エンジン動力(250Kw)に対して120Kw分(48%分))。

破碎機の負荷変動とエンジンのガバナ燃料噴射量を1対1で約10秒毎に制御できるようになり、全体的に非常に効率の良い破碎処理が出来ます。

(山) 図1 (b) モデルは自分が担当している岐阜県の顧客様で去年まで固定式破碎機においてエンジンで破碎機を駆動する方法として使用しておりました。2022年度に流体継手とエンジンを撤去し、電動モータ駆動に改造しました。Jormaさんの説明にもありましたが、破碎機の負荷変動に対して流体継手の応答性が非常に悪く、時々安全装置である流体継手のヒューズが飛んでしまい、破碎機が停止する事がありました。それを回避するために、破碎機の動力を落とした運転を強いられておりました。

(破碎機的能力がUP出来なかった。)。流体継手とエンジンを電動機に交換後は10~15%の能力UPを達成しました。この案件は2022年度環境省SHIFT省エネ補助金対象案件であり、流体継手の撤去、前後のエネルギー消費量の差異(省エネを実現)、及び生産能力の向上については環境省にも報告し

ています(写真4、5岐阜の工場写真(改造前、流体継手、エンジン駆動時のもの))



写真4 エンジン、流体継手で稼働する破碎機



写真5 エンジン、流体継手で稼働する破碎機 (J) そうですか。岐阜県の顧客様の話で、自分の説明の裏付けが出来て良かったです。

(山) 旧型の駆動系はハイブリット型と呼んでも良いのでしょうか？

(J) ハイブリット駆動は日本自動車メーカーであるトヨタが製造販売しているプリウス等で多く採用されている駆動システムで世界的には有名ですね。但し旧型のMetsoの駆動システムはハイブリットではありません。我々は技術者であり、言葉の定義を認識して正しく顧客に商品説明をする必要があ

ります。ハイブリット駆動とは、複数の駆動源（車で言えばバッテリー、エンジンの2つの駆動源）から発生する動力を制御して運転するシステムを言います（図5）。

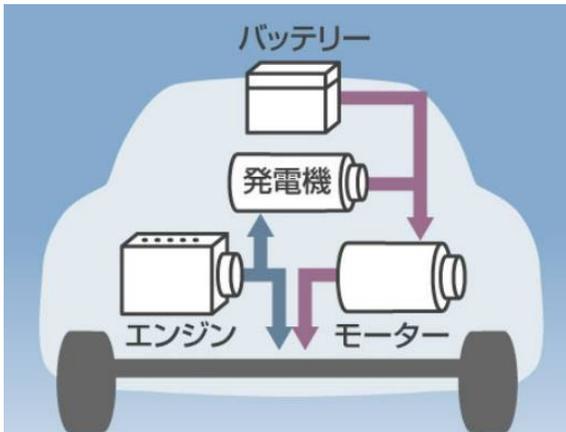


図5 自動車のハイブリットシステム

旧型の駆動システムの場合はあくまで駆動源はディーゼルエンジン1つだけであり、よって本システムで【ハイブリット】という言葉を使うことは明らかな間違いであり、顧客様に誤解を与えます。Metso でも以前破碎機の慣性力を回収してバッテリーに蓄え、エンジンとの併用でハイブリット型移動式破碎機の検討をした事がありました。結果としては成功しませんでした。慣性力を電気エネルギーとしての回収しようとしたのですが回収効率が低かった事、バッテリーとエンジンの双方向の制御システムも上手く機能させることが出来なかった事が原因でした。その意味でもハイブリット制御自動車を見事に完成させたトヨタの技術陣は本当に素晴らしいと思います。流石に日本のメーカですね。

現在世界で販売されている移動式破碎機で言葉の定義どおりのハイブリットシステム（複数の駆動源で機器を運転制御しているもの）を採用しているものは無いと自分は思っています。

（山）現在の駆動系システムは油圧駆動になっていますが、どうしてもエンジン動力を一旦油圧に変換すると変換ロスが生じてしまうイメージがありますが、如何でしょうか？

（J）確かにエンジン動力を直接伝達し、破碎機を駆動させた方が、エンジン動力の伝達ロスの観点から言えば効率的です。但し移動式破碎機において

高い破碎生産効率を維持するためには、総合的に現在の駆動システムが現時点においては一番破碎生産効率が高いです。また、油圧機器及び油圧回路についても Metso は過去 10 回以上の省エネ目的の設計変更をしており、当初の設計に比べて動力ロスは大幅に低減しています。油圧機器は一般重機にも多く採用されていますが、メンテナンス性、耐久性の観点からも最終的には他の駆動システムに比べて油圧駆動に軍配があがります。

（山）確かに現在の駆動システムの初期設計では大きな空冷ファンが付属していましたが、最新の設計では随分と空冷ファンが小さくなりましたね。また、電動機や発電機が無いので非常にメンテナンスが容易です。油圧部品も建設機械や産業用機械で多数採用されている汎用部品が使われているので、部品も入手しやすくメンテナンスする側としても助かっています。話は変わりますが 2024 年 5 月に Metso の新型移動式破碎機シリーズ EC レンジが発売になると聞きました。当然、今よりも良いシステムになるのでしょうか？

（J）そうですね。発売前につき新型機の技術仕様はまだ日本の顧客様への開示出来ないのですが、開発に 4 年の期間を要し、Metso の技術の粋をかけて作り上げたものです。きっと日本の顧客様の期待に応えるものとなると信じています。

4. おわりに

Jorma 氏には約 1 時間程度 WEB でインタビューに応じて頂いた。自分も知らなかった事も多く大変勉強になった。

自分は 2016 年に Metso 本社を訪問した事があるが、当時よりは現場での経験を積んでおり、且つ語学レベルも向上しているので、前回の訪問時には中々積極的に意見を述べる事が出来なかったが、次回訪問するチャンスがあれば Metso の技術者と是非 Face To Face で色々な破碎機に関する意見を戦わせたいと考える。

Metso との定期的な技術交流会は今後とも継続していく予定であり、もし内容を発表させて頂ける機会があれば皆様と共有化できれば幸いである

(写真6 (a)、(b) Metso 新型破碎機 EC レンジ PR 写真)。



写真6 (a) Metso 新型破碎機 EC レンジ PR 写真



写真6 (b) Metso 新型破碎機 EC レンジ PR 写真

以上