

# UBE / Metso の提案する近未来の砕石プラントについて

(砕石プラントの自動運転 (レベル5) への取り組み)

UBE マシナリー株式会社

産機事業本部 運搬・破碎技術部 大宮サービスセンター

打道 亘

## 1. はじめに

現在国内外の自動車メーカーが、自動車の自動運転開発に取り組んでおり、AI (人工知能) の高性能化、高機能化により、自動車の自動運転はより身近なものとなってきている。(一部の国では試験運用として無人自動運転タクシー等の実用化も始まっている。) 自動運転は、人手不足に悩むバス、タクシー、運送、配送業において救世主となる可能性を秘めている。一方で砕石業界でも深刻なる人手不足に悩まされており、人材不足の解消、従業員の残業削減、働き方改革対応、熟練砕石技術者からの技術伝承の不安解消等々を目的として、砕石プラントの自動運転 (レベル5) を望む声が高くなってきている。UBE/Metso では約10年前より AI を活用した砕石プラントの自動運転の開発に取り組んでいる。砕石プラント全ての機器を完全なる自動運転 (無人で運転) する段階は今暫く研究、開発が必要であるが、レベル2 (総合運転支援) レベル3 (セクションでの自動 (無人) 運転) 等は実用レベルに近い段階までできていると考えている。本発表ではレベル3の砕石プラントの自動運転の導入実績、成果及び次の自動運転レベル4, 5に向けてのUBE/Metso の新商品、新サービスの今後の開発の動向についても紹介させて頂く。

## 2. 砕石プラントにおける自動運転レベルの整理

自動車における自動運転のレベルは国土交通省が、【自動運転のレベル分けについて】という資料に纏められているが、ここで砕石プラントにおける自動運転のレベルを UBE/Metso で独自で纏めたものを図1に示す。

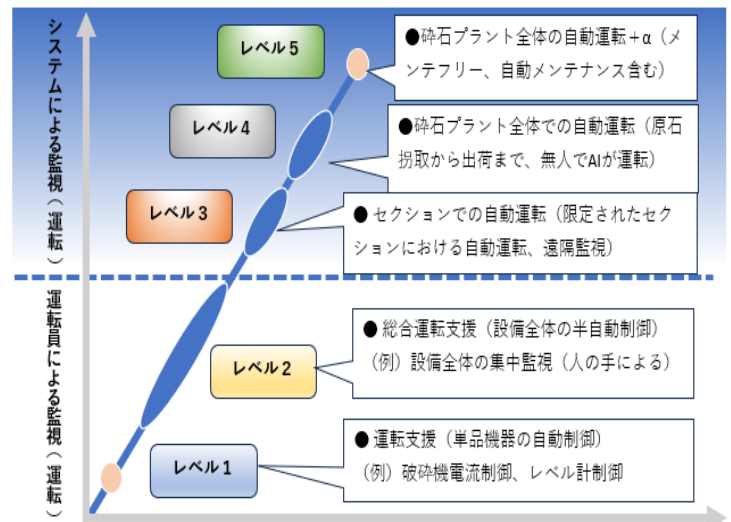


図1 砕石プラントにおける自動運転レベル

次のページの図2に【砕石プラントの作業主項目と自動運転レベル3への適応表】を示す。作業主項目の1~12において自動運転レベル3までの既存技術の適応レベルを示す。(記号の内容説明 ○: 既に実用化レベル △: 一部で実用レベル ×: 実用レベルにはまだ達していない。) 既存技術欄の右側にUBE/Metso での適応レベルを示す。図2の着色部の2項の生産計画の立案から6, 7, 8, 9項骨材生産、ストック、10項製品出荷までを自動化 (無人化) に成功した欧州の砕石場の事例をまず紹介する。

NO	項目	既存技術	UBE/ Metso自動運転	既存技術（内容）	UBE・Metso自動運転（内容）
1	受注	△	○	主に人間が営業活動を行うFAX等で受注受付	自動化はWEBでの注文。人は介在しない
2	生産計画	×	○	人間が生産計画を立案	在庫量を鑑み、自動で生産計画、人員配置を計画
3	発破	×	×	人間がドリルで穴掛けを行い、ダイナマイトをその穴に詰め遠隔から発破を行う。	一部トンネルで自動化されているが、砕石プラントではまだ実用化されていない。
4	原石採取	×	×	自動化はされていない。ほぼ人間が重機を操作して原石の採取を行う。	重機を遠隔操作して原石採取を行う事は実用化されているが完全無人化は実用化されていない。
5	原石運搬	△	○	有人ダンプでの原石運搬が一般的	無人ダンプ、コンベヤによる無人運転が実用化
6	骨材生産（1次破碎機）	△	○	破碎機単体の無人運転は実用化、セット変更は人が行う	受注とストック状況により生産計画を自動で立案。生産計画に従って最適な生産効率での運転を継続する。又生産品目やライナーの摩耗状況に合わせて破碎機のセットを自動で変更する。破碎機の最適運転は破碎機単独ではなく、1次、2次、3次破碎機で連携して実施する。
7	骨材生産（2次破碎機）	△		破碎機単体の無人運転は実用化、セット変更は人が行う	
8	骨材生産（3次破碎機）	△		破碎機単体の無人運転は実用化、セット変更は人が行う	
9	製品ストック	△		レベル計等で在庫量を管理	
10	製品出荷	△	○	サイロからの抜き出しで無人化に成功。出荷確認も可能	サイロからの抜き出しで無人化に成功。出荷確認も可能
11	請求書発行	△	○	出荷確認の連絡により、顧客へ請求書発行	出荷確認の連絡により、顧客へ請求書発行
12	集金（入金管理）	△	○	入金確認をWEB上でを行い、未入金先はメール等で顧客へ督促、同時に関係者に未入金を表化	入金確認をWEB上でを行い、未入金先はメール等で顧客へ督促、同時に関係者に未入金を表化

図2 砕石プラントの作業主項目と自動運転レベル3への適応表

### 3. Metso 社自動運転レベル3砕石プラント紹介

- ① 顧客名：フランス CMGO（コーラス）社
- ② プラント納入：2017年
- ③ 生産量：850 t/h
- ④ 年間生産量：150万 t/年間
- ⑤ 自動運転範囲：一次破碎機用ホッパ以降から製品ビンまで
- ⑥ 主要破碎機：一次破碎機 C160（1台）  
：二次破碎機 HP500（1台）  
：三次破碎機 HP6（2台）



図4 CMGO 砕石プラント全景写真②



図3 CMGO 砕石プラント全景写真①



図5 CMGO 砕石プラント全景写真③

⑦ CMGO 社のフローシート

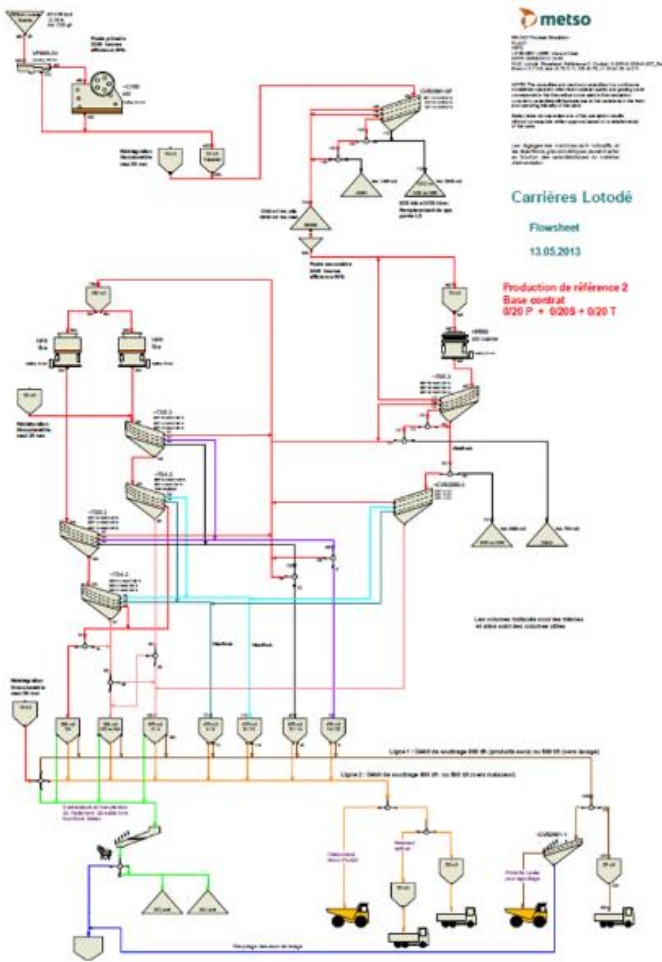


図6 CMGO 社碎石プラントフローシート

⑧ 自動（無人）運転の概要説明

- CMGO 社は道路用、生コン用骨材を生産しており、予め登録審査を受けた CMGO 社の顧客は WEB からすべての骨材をオーダーする。オーダーされた骨材の種類、数量、納期を入力することにより受注が確定する。
- オーダーされた骨材量と在庫骨材量を照合し AI が自動的に碎石プラントの生産計画書を作成する。生産計画書には事前に申請された従業員の年休、メンテナンス計画、週間天気予報等が考慮され、関係者はスマホから何時でも生産計画書が閲覧可能である。AI が作成した生産計画書は申請する事より変更が出来、変更内容は関係者にメールで通達されるようになっている。
- 発破された原石はダンプトラックにより一次破碎機用の原料ビンまで搬送されるが、重機

の運転員の一部は自宅から重機を遠隔で操作できるようになっており全員が出勤する必要は無い。

- 夫々の 4 台の破碎機は電流、破碎室レベル、排出能力、破碎室セット、破碎粒度、ライナー摩耗量を総合的に制御されている。(図7 制御ロジック図を参照)

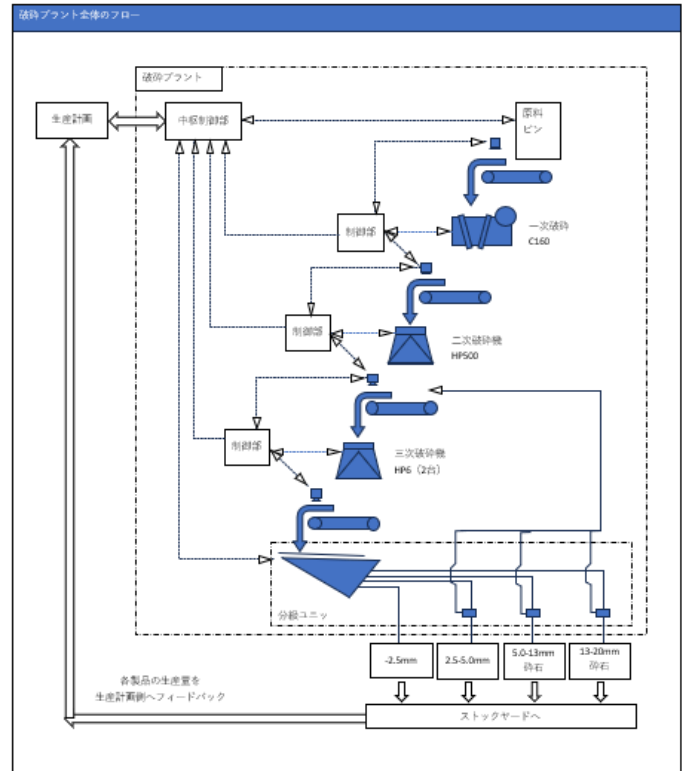


図7 複数台の破碎機の制御ロジック

- 破碎機から排出される破碎品粒度と破碎量はビジオロックにより連続計測されており、ライナー摩耗時のセット変更も自動で実施される。(図8, 9, 10ビジオロックの概要参照)

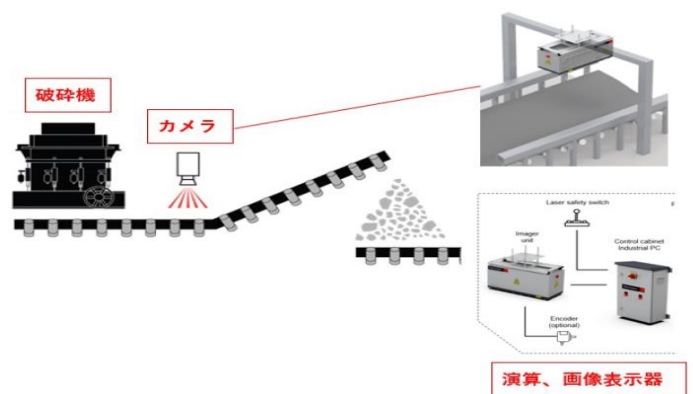


図8 ビジオロックの概要



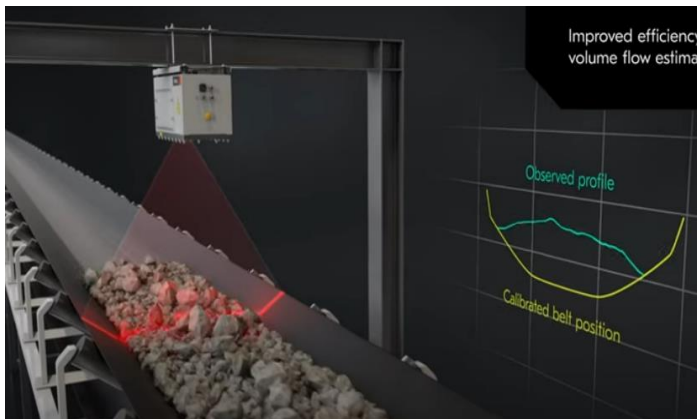


図9 ビジオロックの概要（能力測定）

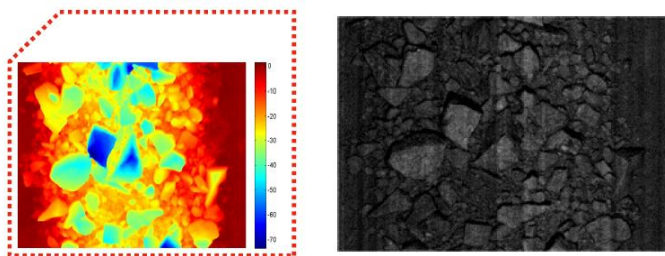


図10 ビジオロックの概要（粒度計測画面）

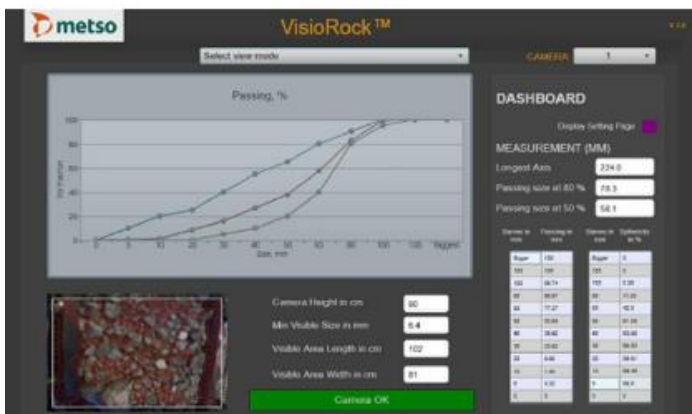


図11 ビジオロックの概要（粒度計測画面）

- 砕石プラントの運転データは Metso 社、CMGO 本社、CMGO 主要メンバーと共有されている（図12 運転状況確認画面（参考）参照）

- 運転データから消耗品取換時期に部品が自動で発注されるシステムになっており、生産計画に合わせて部品交換工事の日程を Metso へ指示できるようにもなっている。
- 製品ストックヤードには在庫量を計測するセンサーがついており製品の在庫量が一目で判る。
- 自動運転中に外部から部外者が砕石プラント内に立ち上がった場合にはセンサーで感知し必要な対策を講じている。（警報、インターロックによる砕石プラントの自動停止他）
- スtockヤードからの抜き出しも自動出荷になっており、事前に登録したトラックに指定された骨材を指定量自動で積み込み、最終的にトラックスケールを通過して骨材が出荷される。トラックの車番を AI が自動的に読み込み、顧客に自動的にメールで出荷証明と請求書が送付される。（図13, 14, 15 参照）
- 指定された期日に AI が銀行口座の入金確認を行い、入金が無い場合には未入金督促のメールが自動発信される。経営者は常に最新の自社キャッシュフローの確認がスマホから出来る。



図13 自動出荷装置外観



図12 運転状況確認画面（例）



図14 自動出荷装置外観（ダンプ計測）



図 15 自動出荷装置積み込み部概要

### ⑨ 導入成果（人員差異）

自動運転の導入前後の人員比較を図 16 に示す。プラントで働く人員が自動運転の導入前後で約半分になった。CMDO 社では生産に余力が出来た分を従業員の残業の削減、休日増に活用している。又経験豊富なベテラン技術者のノウハウを AI の生産計画書づくりに活用することにより、技術伝承の面でも大きな成果があったことを強調しておきたい。

項目	導入前	導入後
生産管理	3	1
営業人員	2	1
運転員、品質管理	8	3
構内ダンプ、重機オペ	4	3
メンテ、清掃	3	2
合計	20	10

図 16 自動運転の導入前後の比較（単位：人）

## 4. 日本の顧客様向け自動運転砕石プラントの提案

Metso が CMDO 社向け砕石プラントを納入後約 7 年が経過した。その間 Metso と CMDO 社の粘り強い対応により蓄積された自動運転のノウハウは今後世界のユーザの省力化に貢献していくものと考えます。今後日本のユーザが砕石プラントの自動運転を検討されるにあたって以下提案をさせて頂く。

### 【提案①】

自動運転の取り組みは当社が一番困っているものから徐々の取り組まれると良い。（最初から全部自動運転に取り組む必要は無い。）

2 次、3 次破碎設備を自動運転にして、夜間運転

が出来れば電気代だけでも 10-30% 低減できる可能性がある。（電力会社毎のプランがあり要相談）又ある設備を夜間自動運転すると決めると、他設備との時間差運転が可能となり契約電力デマンドを小さいものに変更出来る可能性もある。

### 【提案②】

将来自社の砕石プラントをどのようにしたいかのビジョンを描き、それに向けた設備投資を検討する。例えば破碎機は少なくとも自動遠隔セット調整機能付きのものを選定する。（将来自動運転をしたい場合には軽微な改造で対応が可能となる為。）

### 【提案③】

自動運転をする場合の自社砕石プラントでのボトルネック箇所（シュート詰まりの発生箇所、清掃頻度の多い箇所等）を割り出し、抜本的な改造を行っておく。（自動運転導入前に自社砕石プラントの稼働率を上げる意味でも重要。）

### 【提案④】

自動運転は省人化、省エネ化に直結する為、各種の補助金を受給できる可能性がある。当社に相談頂ければ利用できる補助金があれば紹介させて頂く。

## 5. UBE/Metso が提案する自動運転砕石プラント用機器（レベル 5 に向けて）

### ① エアー浮上コンベヤの採用

当社が製造販売しているエアー浮上コンベヤはブローアークラスによりベルトを浮かせて搬送するローレスコンベヤである。落鉱、蛇行が生じない究極のメンテナンスフリーコンベヤである。（図 17、18 参照）

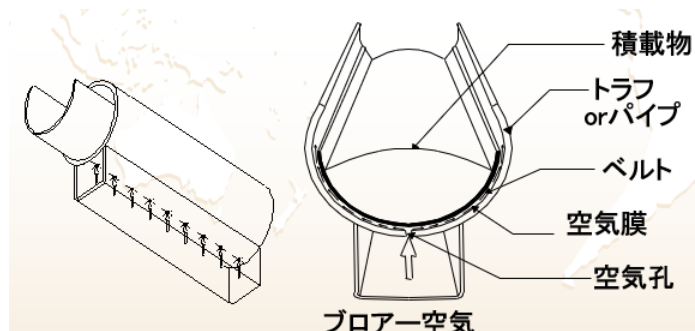


図 17 エアー浮上コンベヤ 概要図



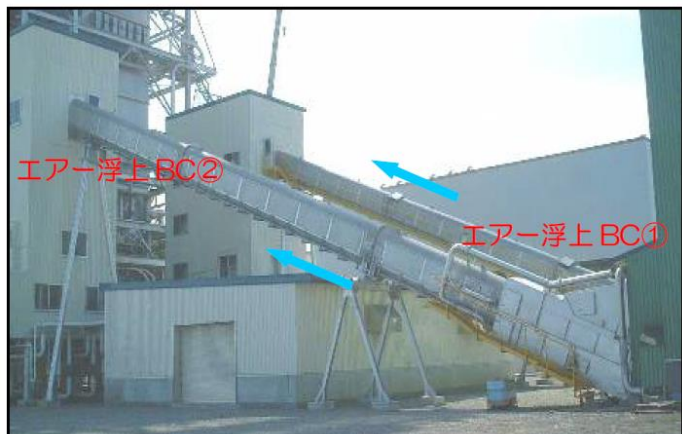


図 18 生コン工場で稼働中のエア-浮上 BC  
② ベルトテンション自動調整機能付き BC

Metso が開発したベルトテンション自動調整機能付き BC はテール部にベルトテンションを測定するロードセルが付属しており、ベルトが伸びてきてベルトテンションが低下した場合には、自動でテンションを調整する機能を持っている。又プーリ上のコンベヤベルトの位置もセンサーで監視しており、ベルトが蛇行した場合にも、左右のテンションを自動で調整し蛇行を未然に防止してくれる。



図 19 ベルトテンション調整機能付き BC 概要  
③ 原石山での、原石破碎、運搬の自動化

図 20 に無人重機と無人ダンプの概念図、図 21 に無人重機と Metso 次世代の移動式破碎機の概念図を示す。移動式破碎機のグリズリーホッパー上に設置されたセンサーにより無人重機に原石の投入量指示し、無人重機より原石を投入するシステムである。移動式破碎機により破碎された原料はサイズ 300 mm 以下になるのでベルトコンベヤで容易に下流プラントに搬送することが可能となる。本システムは重機

の自動運転でも人力運転との能力差を如何に小さくするかが今後の課題となってくる。



図 20 無人重機による無人ダンプへの積み込み

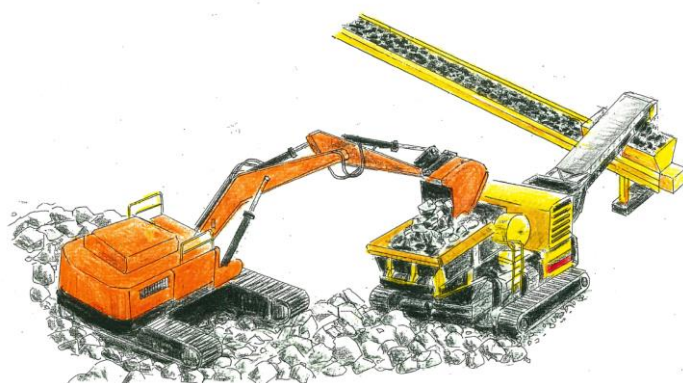


図 21 無人重機による移動式破碎機への積み込み

## 6. おわりに

UBE/Metso で現在取り組んでいる碎石プラントの自動化技術を紹介をさせて頂いた。今回十分に説明出来なかったが、自動運転は碎石プラントに人を立ち入らせない為、労働災害の撲滅にも効果が高いと考えている。

AI を含めた技術の進歩は目覚ましく、自動運転に必要なセンサー、制御機器のハードの値段が一時期に比べ価格が下がってきている。Metso では自動運転の基本ソフトの開発はほぼ終了し、活用、応用のステージに入ってきている。UBE/Metso は自動運転技術の提供により人手不足の解消、碎石プラントにおける労働災害事故の撲滅、生産コストの低減等を通じ業界の更なる発展に貢献させて頂きたいと考えている。

以上