

コマツIR-DAY 2018 事業説明会

# 坑内掘り事業の概要

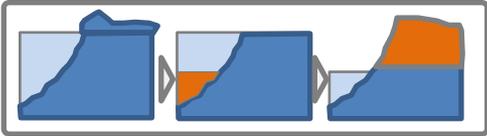
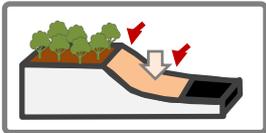
2018年9月14日

専務執行役員 マイニング事業本部長

(兼) コマツマイニング(株)会長

森山 雅之

- 鉱物は、「マグマ」、「堆積、風化、浸食」、「高温・高圧」という地質学的作用により形成される
- その内、石炭は「Soft Rock」、非鉄金属等は「Hard Rock」とカテゴライズされている。

| # | 形成タイプ  |                          | 主な鉱物                                       |  |  |
|---|--|--------------------------|--|--|--|
| ① | マグマ<br>               | マグマから<br>分離/形成<br>(火成鉱床) | プラチナ、クロム、チタン、<br>磁鉄鉱(magnetite)            |  | Hard<br>Rock<br>火成岩                    |
|   |  | 熱水が関与<br>して形成<br>(熱水鉱床)  | 金、銅、銀、鉛、亜鉛、錫、タングステン、<br>モリブデン、鉄鉱石(褐鉄鉱)、ウラン |  |  |
| ② | 堆積、風化、浸食<br>         |                          | 赤鉄鉱/ニッケル/ボーキサイト/<br>リチウム/リン鉱石              |  | 堆積岩                                    |
| ③ | 高温(地熱)・高圧(地殻隆起)<br> |                          | 石炭   |  | Soft<br>Rock<br>分類<br>無し <sup>*1</sup> |

※1 石炭は岩ではない。地質学上の定義無し

- マグマ由来鉍物が形成される場所は主に地下であり、鉍床の位置により、採掘工法が異なる。
  - 1) 鉍床が地表から近い場合は周囲のスリ(Overburden)を取り除き、鉍物を採取する  
**露天掘工法**が採用される。
  - 2) 鉍床が地層深くに存在する場合、**坑内掘工法**が採用される。
  - 3) 露天掘鉍山が大深度になり、坑内掘に移行するケースもある。

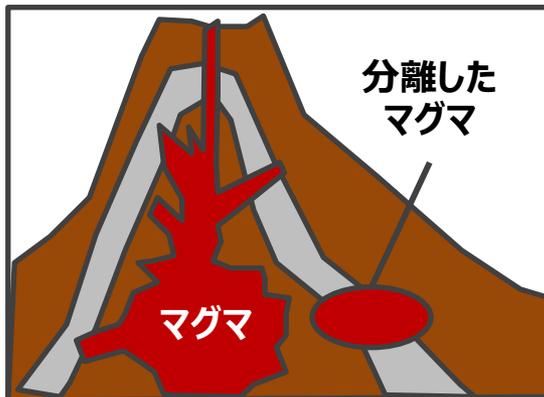
## 1. マグマから分離/形成(火成鉍床)

### 1) 形成される主な鉍物

- ・プラチナ、クロム、チタン、磁鉄鉍(magnetite)等

### 2) 成り立ち

- ・マグマがゆっくり冷えるとき プラチナ、クロム、チタン等に富む金属硫化物融体が比重別に分離・濃集して鉍床を形成する。



## 2. 熱水が関与して形成(熱水鉍床)

### 1) 形成される主な鉍物

- ・金、銅、銀、鉛、亜鉛、錫、タングステン、モリブデン、鉄鉍石(褐鉄鉍)、ウラン等

### 2) 成り立ち

- ・高温で生じた熱水(金属などを含む鉍化溶液)が、高い蒸気圧によって地表へ向って上昇する。
- ・その過程で多くの鉍物が晶出し、やがて割れ目が満たされ鉍脈になる。



- 鉄鉍石等の堆積岩は地表の広い範囲に存在する。そのため、基本的な採掘方法は露天掘。
- 石炭は植物由来の堆積物であり、採掘方法は露天掘と坑内掘どちらも採用される。

## 1. 堆積、風化、浸食

### 1) 形成される主な鉍物

・赤鉄鉍/ニッケル/ボークサイト/リチウム/リン鉍石

### 2) 成り立ち(赤鉄鉍)

・約38億年程前にシナノバクテリアという小さな生き物が出した酸素が海に解けていた鉄分を酸化させて鉄錆とした。その後20億年以上の時をかけて、鉄錆の粒が海底に堆積し鉍脈となり、それが隆起することで地上に出現した。

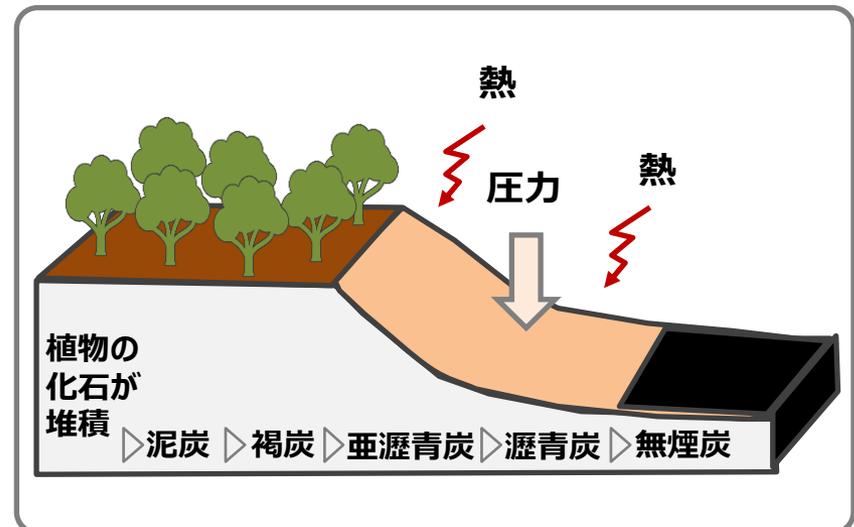
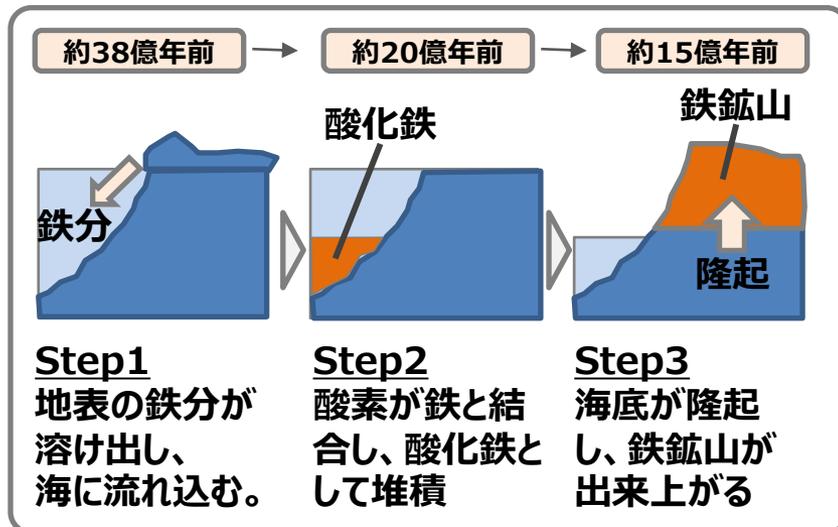
## 2. 高温(地熱)・高圧(地殻隆起)

### 1) 形成される主な鉍物

・石炭

### 2) 成り立ち

・植物の化石が堆積し“泥炭”となる。  
 ・その後、時間、圧力、熱により 水素、酸素が減少。  
 泥炭→褐炭→亜瀝青炭→瀝青炭→無煙炭となる。  
 ・後者に近づくにつれ、より熱量が高く高品質な石炭となる。



- 2017年のJoy Global買収によって、コマツは露天掘/坑内掘フルラインナップを取り揃えた。
- 本日は、坑内掘事業の概要について説明する。



### 露天掘向け

### 坑内掘向け



|           |              |            |                     |                         |                    |             |       |           |                  |       |              |             |         |     |
|-----------|--------------|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------|-------|-----------|------------------|-------|--------------|-------------|---------|-----|
| Bulldozer | Motor grader | Dump truck | Hydraulic Excavator | Mechanical Wheel Loader | Elec. Wheel Loader | Rope Shovel | Drill | Drag line | Continuous Miner | Truck | Roof Support | Road header | Shearer | LHD |
|-----------|--------------|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------|-------|-----------|------------------|-------|--------------|-------------|---------|-----|

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

凡例:



- Soft Rock(主に石炭)の工法は「Long Wall」、「Room & Pillar」の2通り。
- 内、Room & Pillar工法は、坑内掘で最も古い工法である。碁盤目状に坑道(Room)を掘進して鉱物を採掘する。その際、安全のため鉱物層の一部を柱(Pillar)として掘り残し、それによって天盤を支えながら採掘していく。
- コスト面(初期投資/運用コスト)で優れるが、柱として残した鉱物分につき、採掘ロスが発生。

## 1.使用機械

### 1) 掘削/坑道作成用機械 (Continuous Miner)



- 石炭層を掘削し、坑道を作る。

### 2) 坑道補強用機械 (Mobile Bolter)



- 通路と柱を強化する。

### 3) 鉱物運搬用機械 (Shuttle Car)



- 掘削した石炭を運搬する。

### 4) 鉱物再研削用機械 (Feeder Breaker)



- 掘削した石炭を更に研削する。

### 5) 鉱物運搬用機械 (Flexible Conveyor Train )

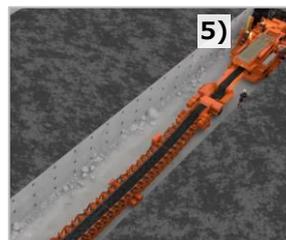
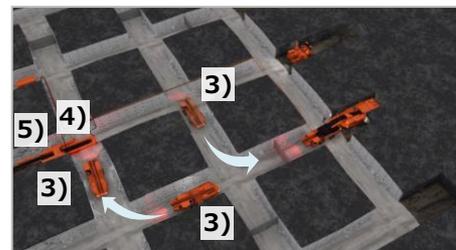


- 研削した石炭を炭鉱外に運搬する。

## 2.掘削方法



- 1) Continuous Minerを用いて、石炭層を掘削し、坑道を作る。
- 坑道は2) Mobile Bolterにて、補強する。
- 掘削された石炭は3) Shuttle Carにて4) Feeder Breaker迄運搬し、更に研削する。



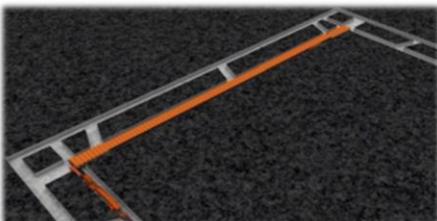
- 研削した石炭を5) Flexible Conveyor Train等を用いて炭鉱外に運搬する。

- Long wall工法は、崩落を防ぐため天井を支え、石炭層を一系列毎に削り取り、Conveyor によって外部に運搬する工法である。Room and Pillarに比べ初期費用が高いものの、連続掘削が可能であり、生産性が高い。

### 1. 事前準備



- まずはEntry driversという機械を使い、石炭層にエントリートンネルを掘る。



- その後、掘削したトンネルに、Longwall用の機械を設置する。
- Longwall用機械は以下3点によって構成されている

Roof Support

Shearer



Armored Face Conveyor



- 天井を支える機械は「Roof Support」、石炭層を削り取る機械は「Shearer」、運搬用の Conveyor は「Armored Face Conveyor」と呼ばれている。

### 2. 掘削方法



- 「Shearer」が石炭層を削り取る。
- その後「Armored Face Conveyor」が掘削した石炭を運搬する。



- 最後に天井を支える「Roof Support」が前方に進行する。

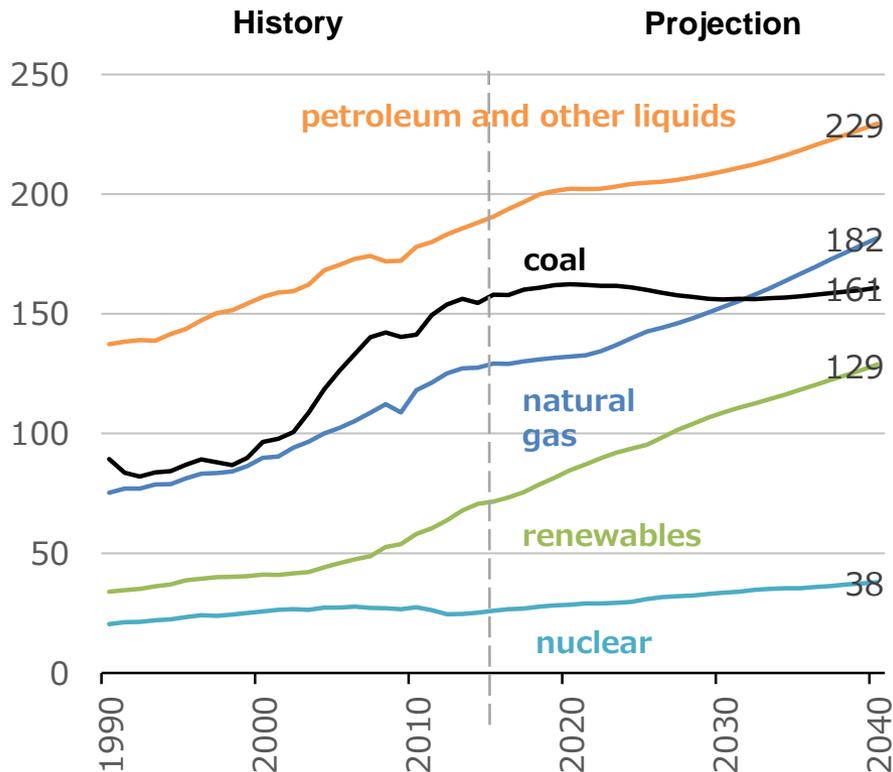


- 進行後、背面が崩落する。

● 発電用燃料としての石炭需要は現状のまま推移すると見込んでおり、引き続き一定の需要が発生する。石炭採掘に対し、より高品質な製品・サービスを提供することで社会的責任を果たす

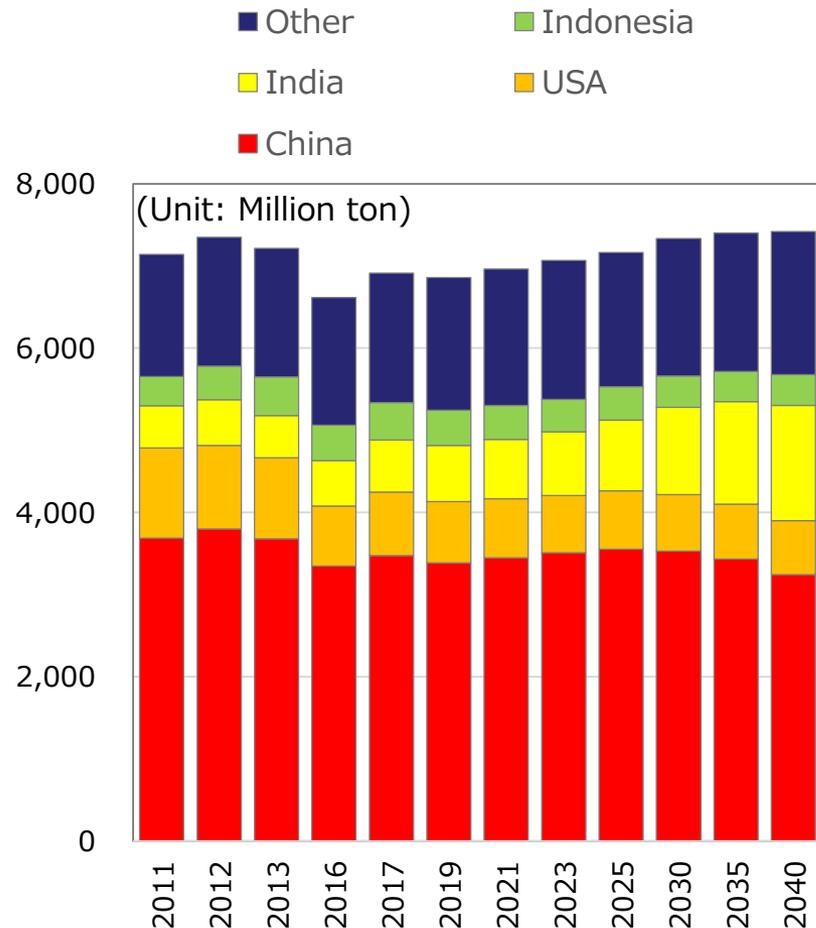
## ①全世界の一次エネルギー推移(資源毎)

(単位:British thermal unit 英熱量)



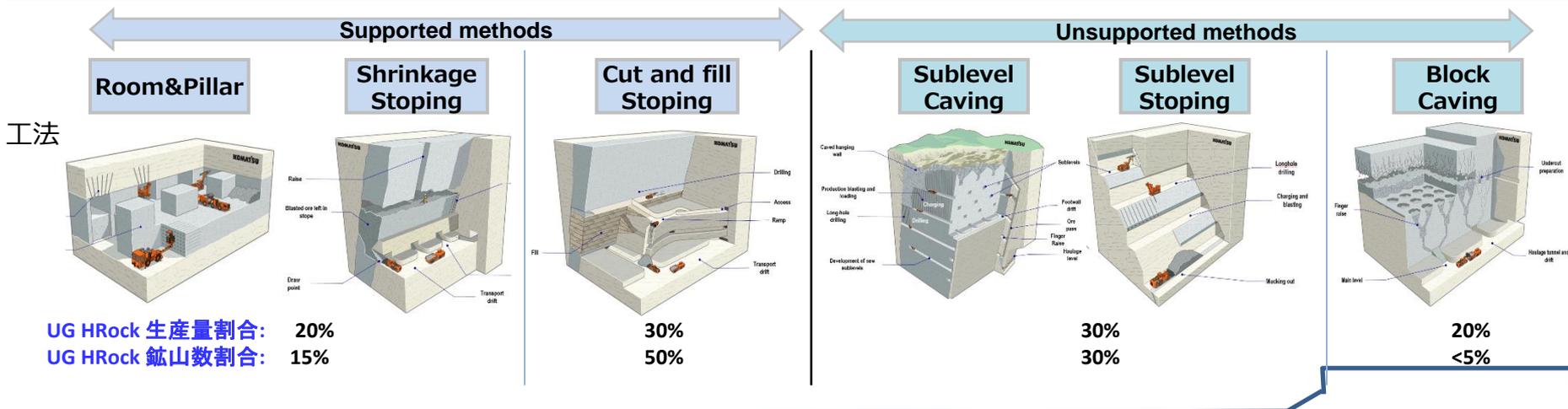
Source: EIA International Energy Outlook 2018 (IEO2018)

## ②石炭生産量の見通し(国毎)

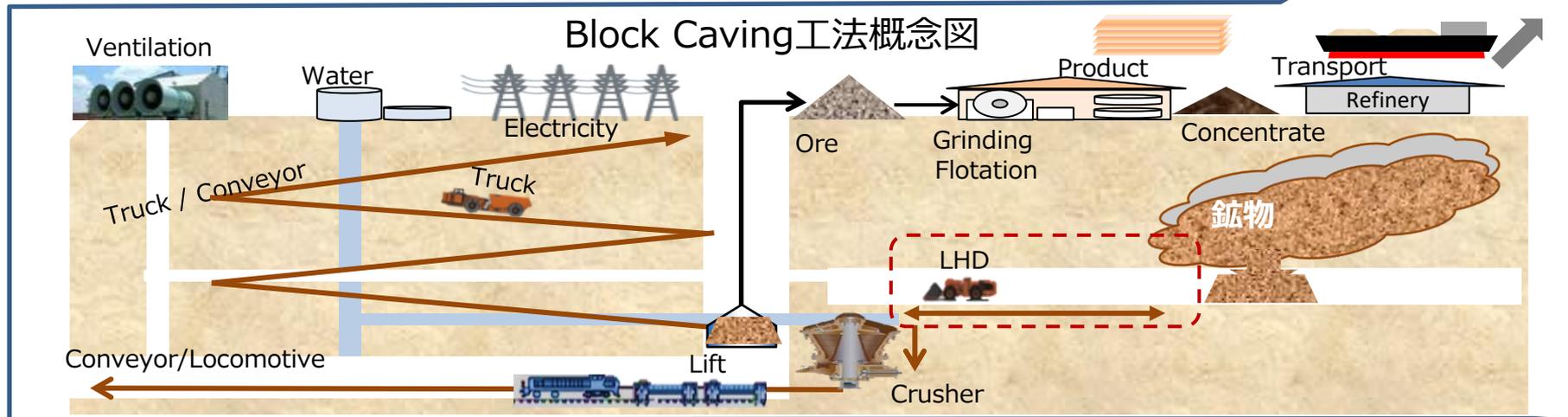


Source: コマツ推定

- 坑内掘(Hard Rock)向け工法は、天盤を支えながら採掘するSupported methods、支えずに採掘するUnsupported methodsに大別される。
- 内、大規模鉱脈に適用されるBlock Caving工法を紹介する。  
これは、鉱脈の真下に坑道を掘った後、坑道の天井を逆円錐形に掘ることにより、上方にある鉱石が岩盤の重みで坑道内に落ちてくるという工法。鉱石は坑道を通り地上に運搬する。



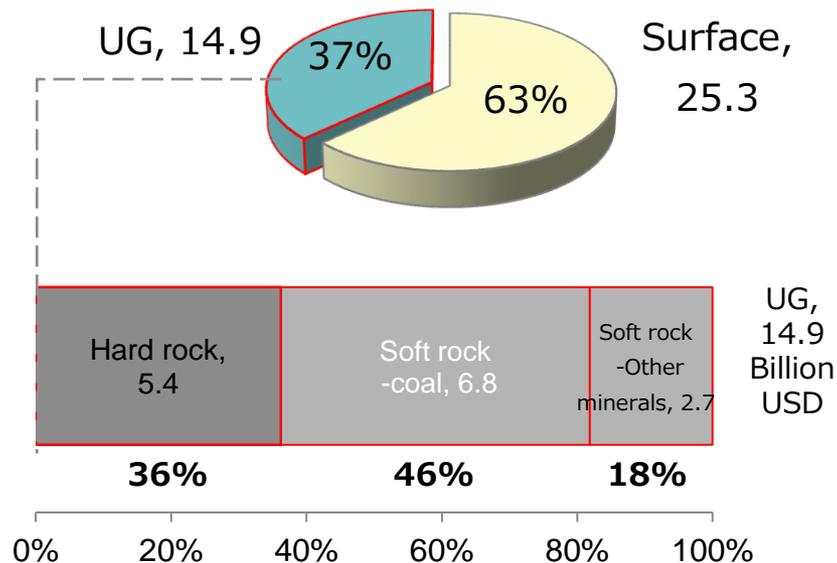
### Block Caving工法概念図



- 鉱山ビジネスについて、今後も市場規模全体は拡大すると見込んでいる。
- 坑内掘を見ると、Hard Rockが相対的に拡大する傾向にある。  
これは露天掘のピット深化に伴い、
  - 1.品位の高い鉱石を採掘することが困難になる。
  - 2.ズリ(Overburden)剥土工数の増大により生産コストが増加する。
 という理由により、露天掘から坑内掘(Hard Rock)へシフトが進むことが要因である。

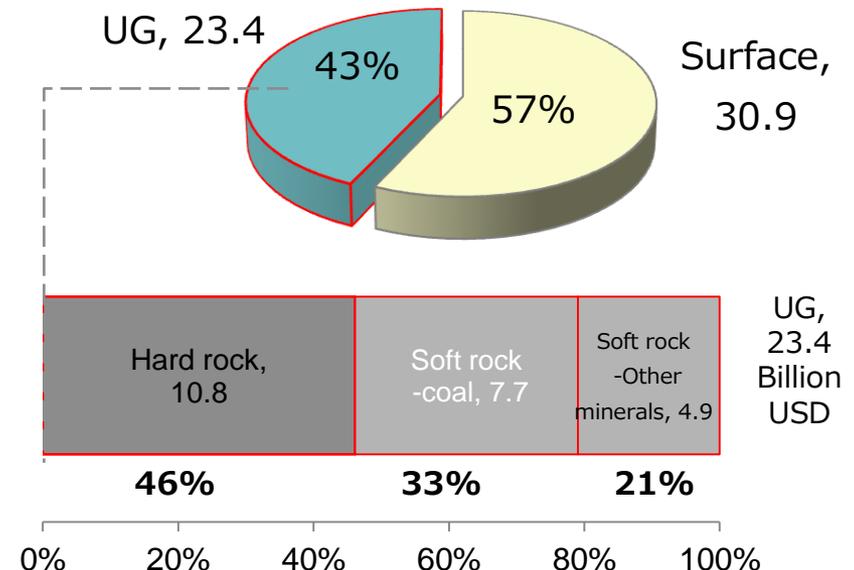
① マーケットサイズ(2017年)

Market size total  
40.2 Billion USD



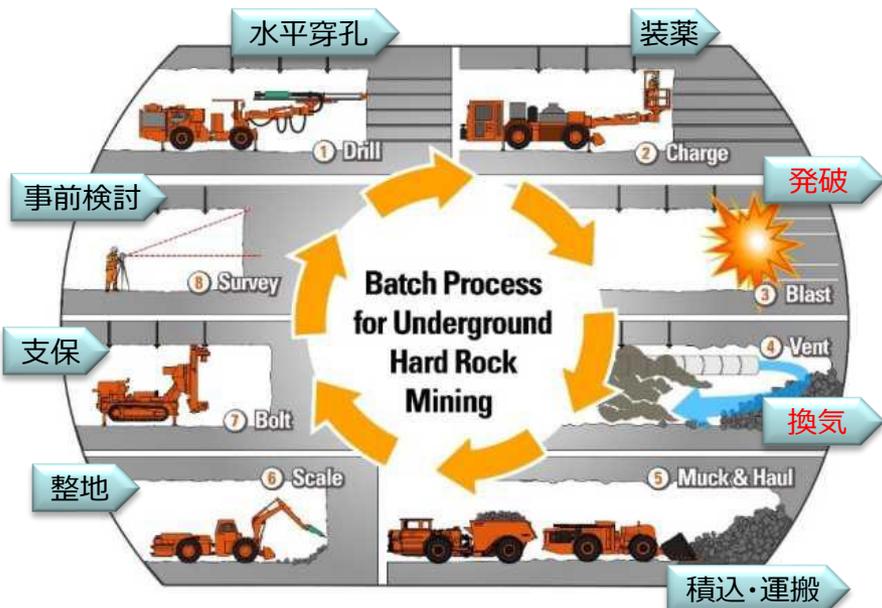
② マーケットサイズ(2040年)

Market size total  
54.3 Billion USD



- コマツは顧客により大きな価値を提供できるダントツ商品を新規投入し、シェア拡大を目指す。
- No Blasting(安全性), No Diesel(環境性), No Batch(生産性)⇒ Underground mining automation factory

## ① 在来の坑内掘工法(Drill and Blast)



## ② 在来工法に代わる新製品(ダントツ商品)

No Blasting

- 現在開発のDyna Minerは機械突端における衝撃粉碎～粉碎後の運搬まで実現。
- TBM(Tunnel Boring Machine)は、無発破による安全性向上、支保工程の削減等を実現。

**Dyna Miner**



**TBM**



**無発破による安全性向上、各作業工程を連続実施することによる生産性向上を実現。**

No Diesel

- 坑道内ではDiesel使用による排気ガスの充満リスクが存在するもHybrid車への置き換えにより安全性向上に寄与する。

**Hybrid LHD**



**Hybrid化による安全性能/環境性能向上を実現**

### ダントツ化のポイントは、

No Blasting

No Batch

No Diesel

