

IAF フォーラム
2025年2月10日（月）@北九州市

“製造”をモデリングすること

慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科
教授 西村 秀和

モデリングWGの目的と活動

目的と活動

- 生産プロセスに投入するリソースとその中で発生する無駄を最小限に抑え、できる限り不良品を出さないための生産管理を行うことが求められています。モデリングWGでは、“製造”をモデリングすることによる、生産スケジュールの確立、予実管理やプロセス改善につなげる活動を行っています。
- 2022年からは、カーボンニュートラルに向けた取り組みとして、射出成形工程に伴うCO₂排出量を把握するためのモデリングを行ってきました。
- 2024年からは、IAF「製造業情報連携特別プロジェクト」との連携により、より精緻なデータを取得することによる価値創造を目指しています。

【参加メンバー】

IAFメンバー：西村会長、米田委員長、柴田副委員長、橋向幹事、宇治委員、益子委員、大野委員、久池井委員

羽角 信義 氏（住友重機械工業株式会社）、八木 悠樹 氏（株式会社 松井製作所）、佐藤 敦 氏（日本プラスチック機械工業会）＜製造業情報連携特別プロジェクト＞

カーボンニュートラルへの対応

- 気候変動に関するリスクと機会を評価管理する際に使用する指標と目標は、**GHGプロトコルの方法論**に従って計算される必要がある。
- GHGプロトコルとは、国際的な温室効果ガス（Greenhouse Gas：GHG）の排出量の算定と報告の基準

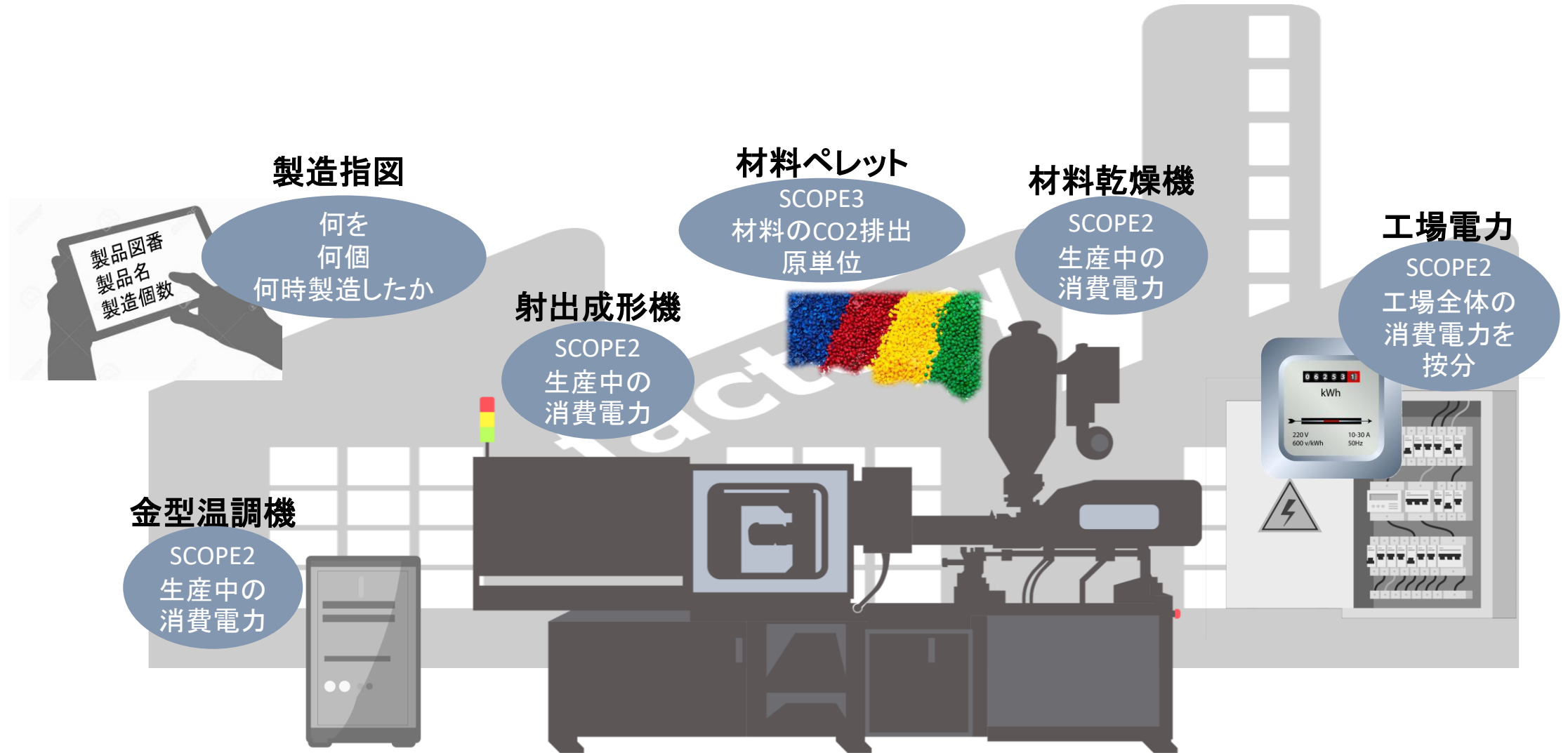
サプライチェーン排出量 = Scope1 + Scope2 + Scope3



Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)
 Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
 Scope3：Scope1、Scope2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

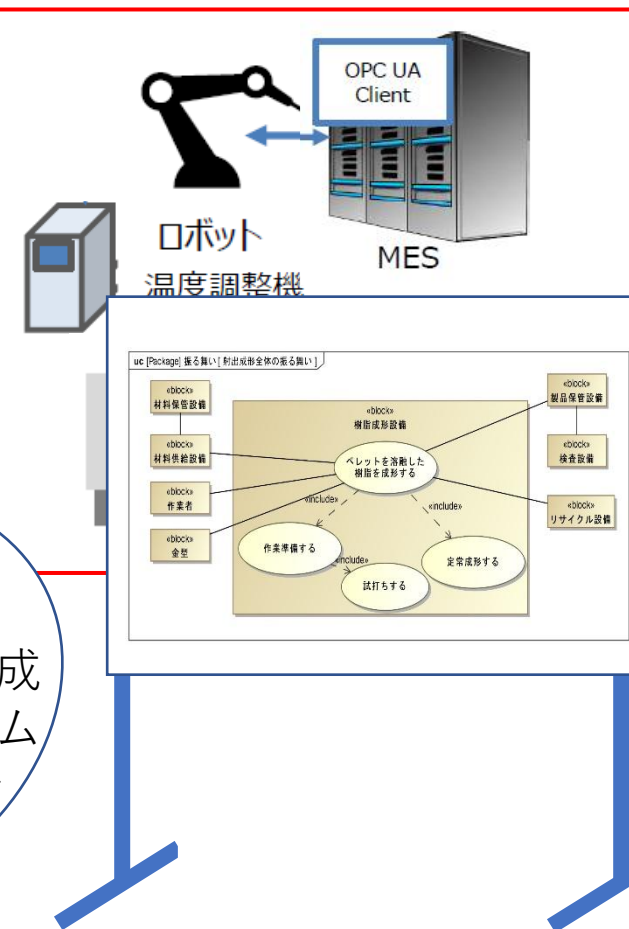
自社グループ内のSCOPE1,2のCO2排出量だけでなく、部素材の納入までの排出量も管理対象となる。

射出成形を取り巻く環境とSCOPE1, 2, 3

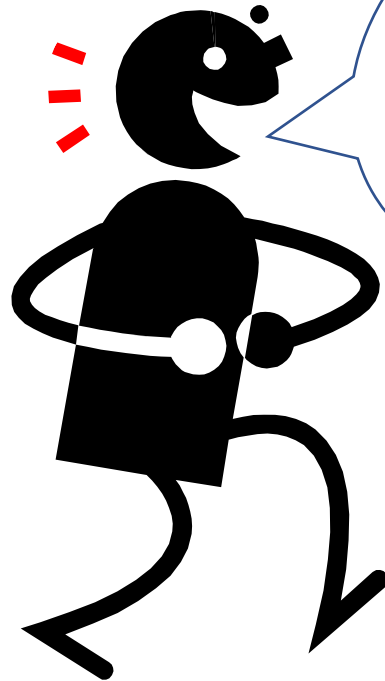


モデルを用いること

「頭の中にある概念、考え。」を
外に出して、他者と意見交換する。

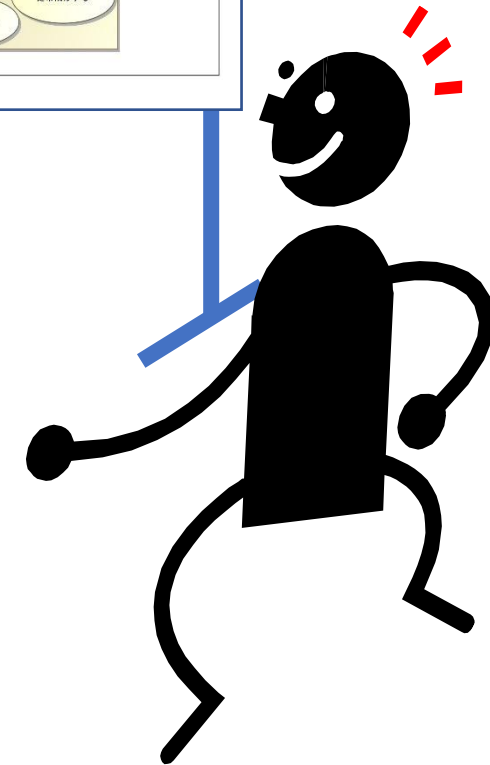


出典：日本OPC協議会資料



こういう環境で、
●●と××から構成
されたこのシステム
は、△△の運用を
考えたときに…

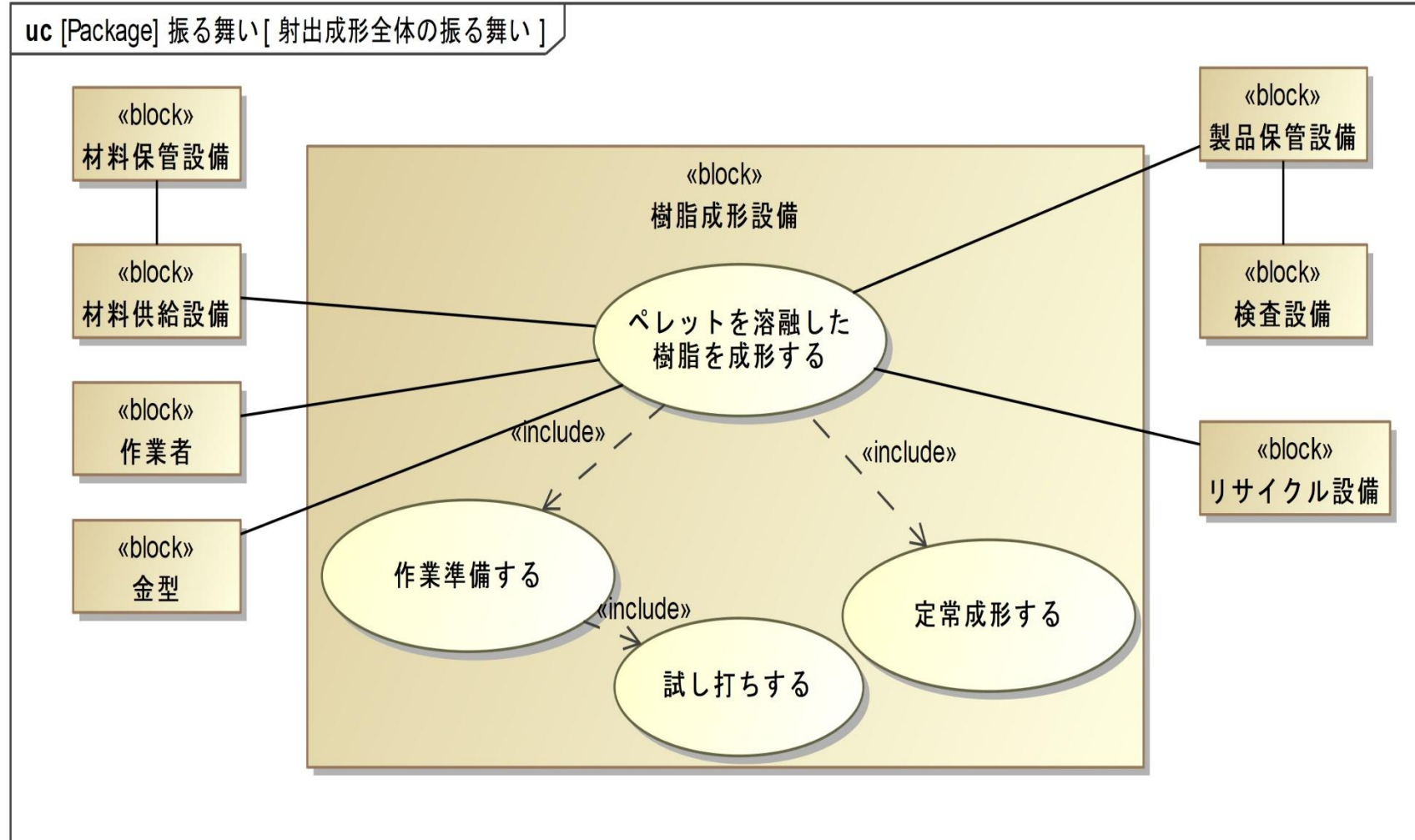
モデルを**共通言語**
としてつかって、
考えを共有する。



射出成形の生産性向上に向けた取り組み

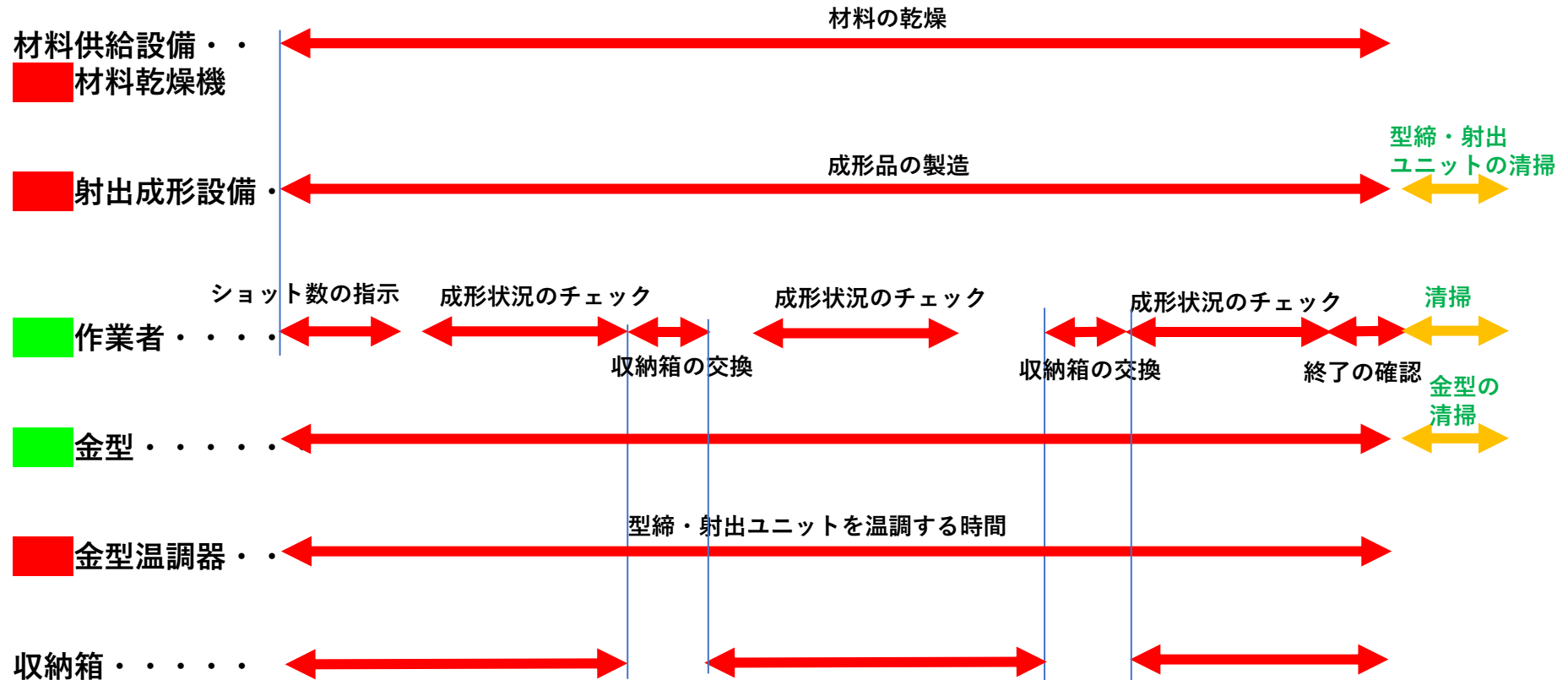
- カーボンニュートラルに向けて
 - 射出成形工程で、どれだけCO2を排出してしまうのか？
 - CO2排出量をできるだけ抑制するには何をしたら良いか？を考えるには、製品1つあたりのCO2排出量を明確にする必要がある。このため、まず製品をつくるための段取りを含めた1回の製造ロット間の電力情報を、関連設備の状態情報とともに計測して保存、分析する。
- 工場でのスケジューリングや稼働状態計測を行うことは、計画と実績の比較を容易にし、計画作成作業や現場の設備・活動のどこに課題があって、何をしたら計画通りに行くか？より効率を上げるにはどうするか？を考えることに繋がる。
- 今後、カーボンニュートラルに向けた取り組みを行う上では、製品を一つつくるための電力を減らすための工夫を、スケジュール上で考えることができるようになることが期待される。さらに追加のデータの必要性を検討することで、電力消費の削減、生産の効率化が進むと考えられる。
- なお、スケジュールからメンテナンス時期を予測することもでき、実測データからメンテナンス時期を決める保守の予実管理も可能となる。

射出成形全体のユースケース



定常成形（1日分）

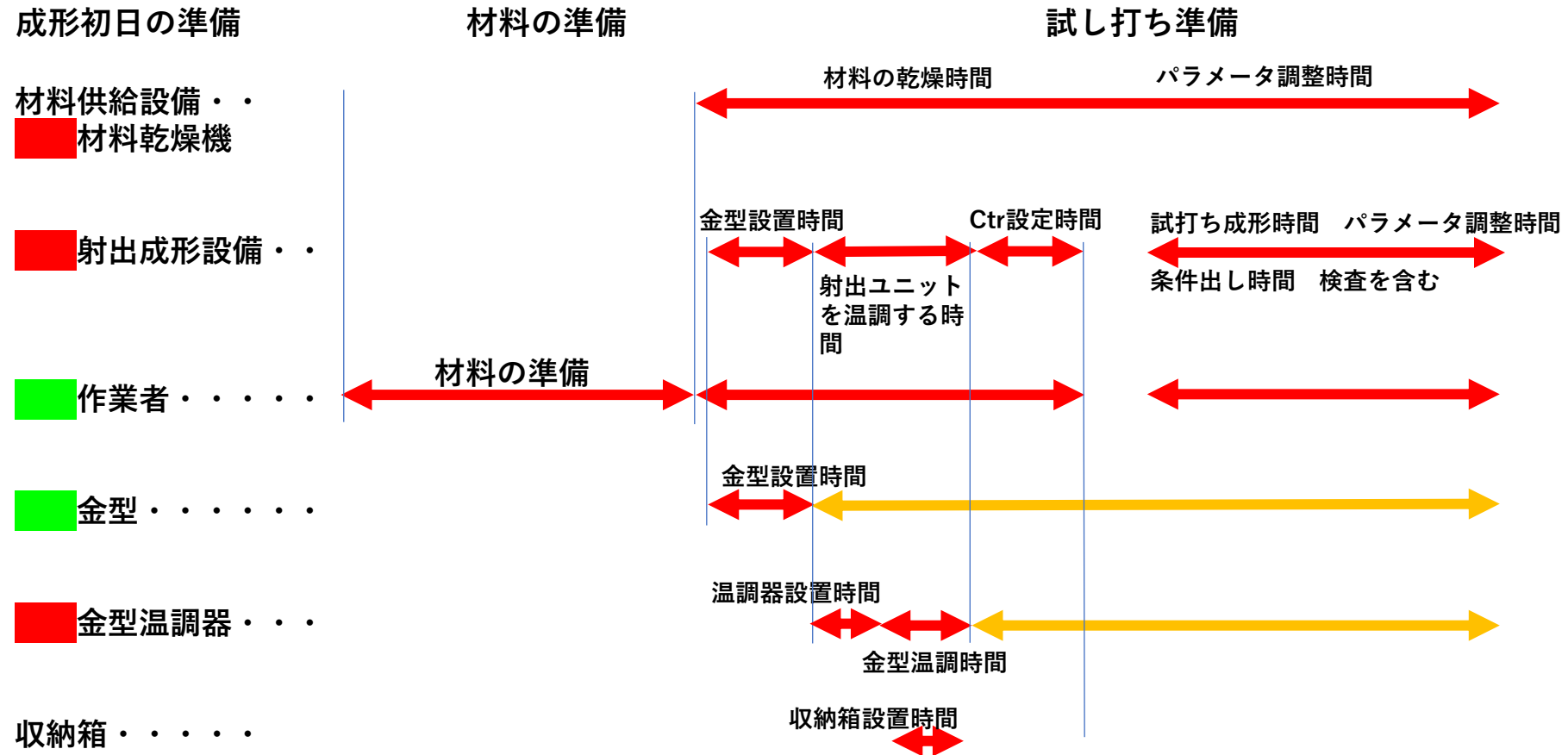
最後に型締・射出ユニットの清掃ありの場合



赤は電力の計測を必要とする。
緑は作業内容の記録に関連する。

利用中
 作業時間、設備専有時間

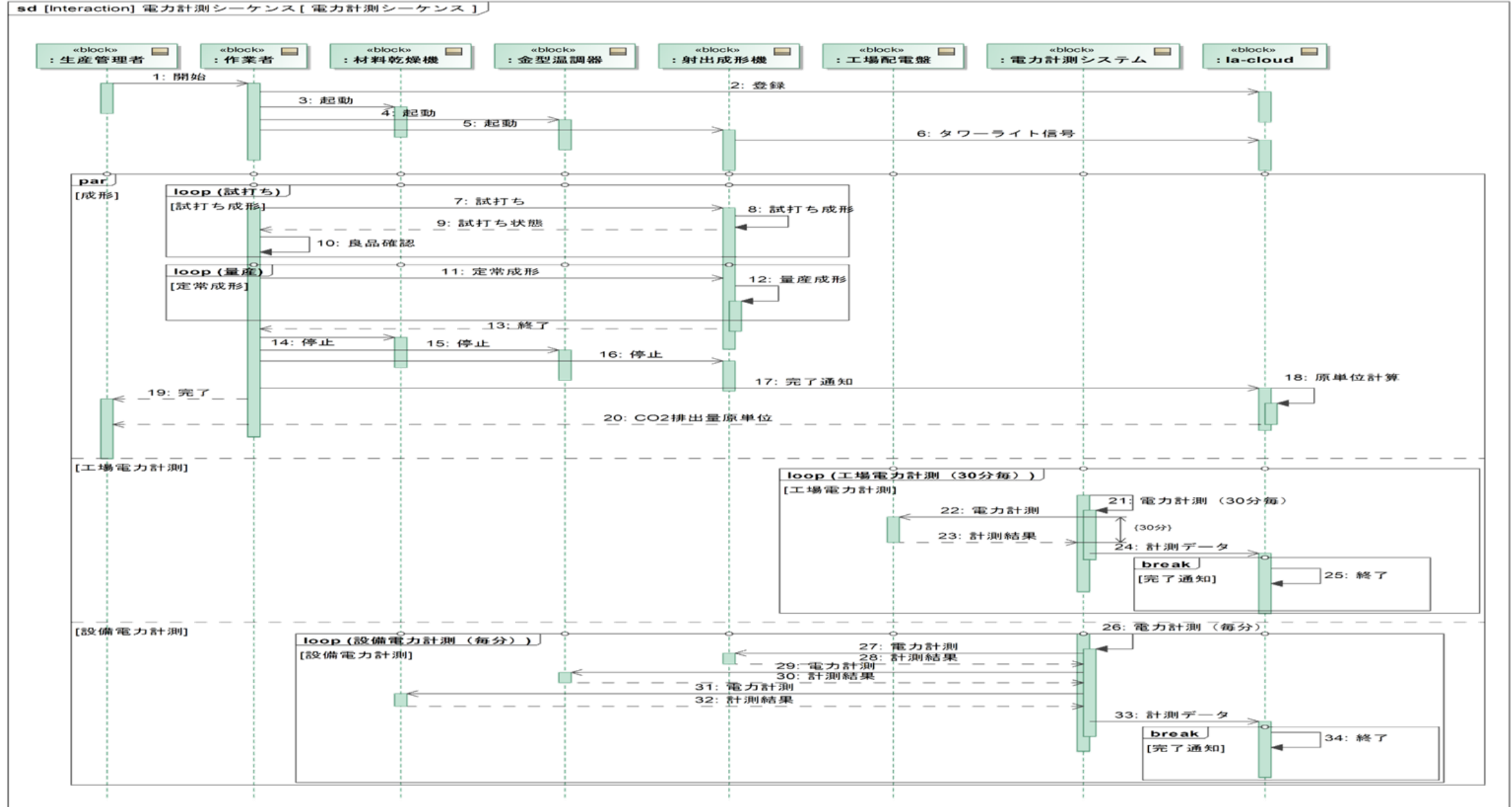
当然ながら、成形初日には準備が必要となる



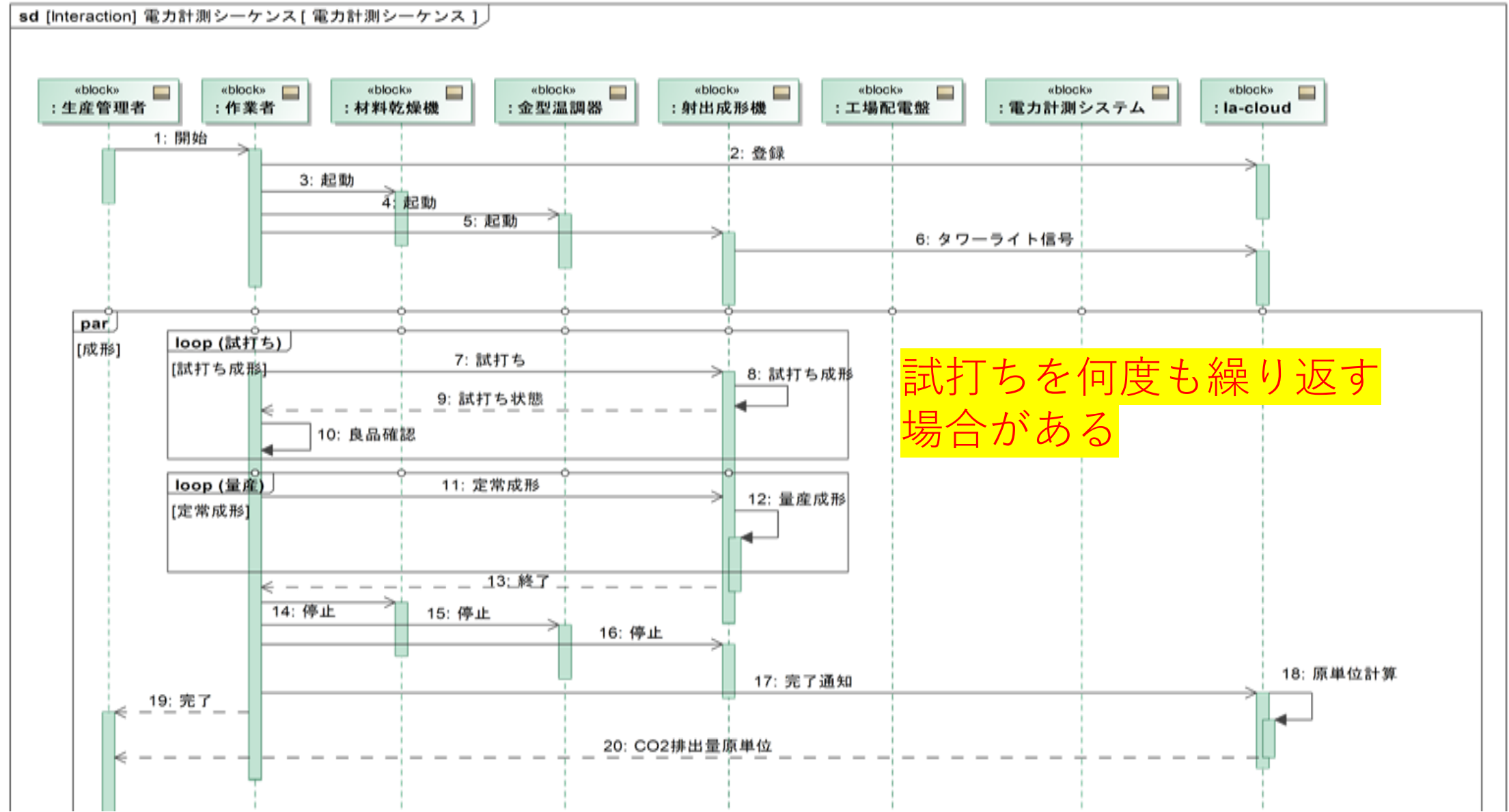
赤は電力の計測を必要とする。
 緑は作業内容の記録に関連する。

利用中
 作業時間、設備専有時間

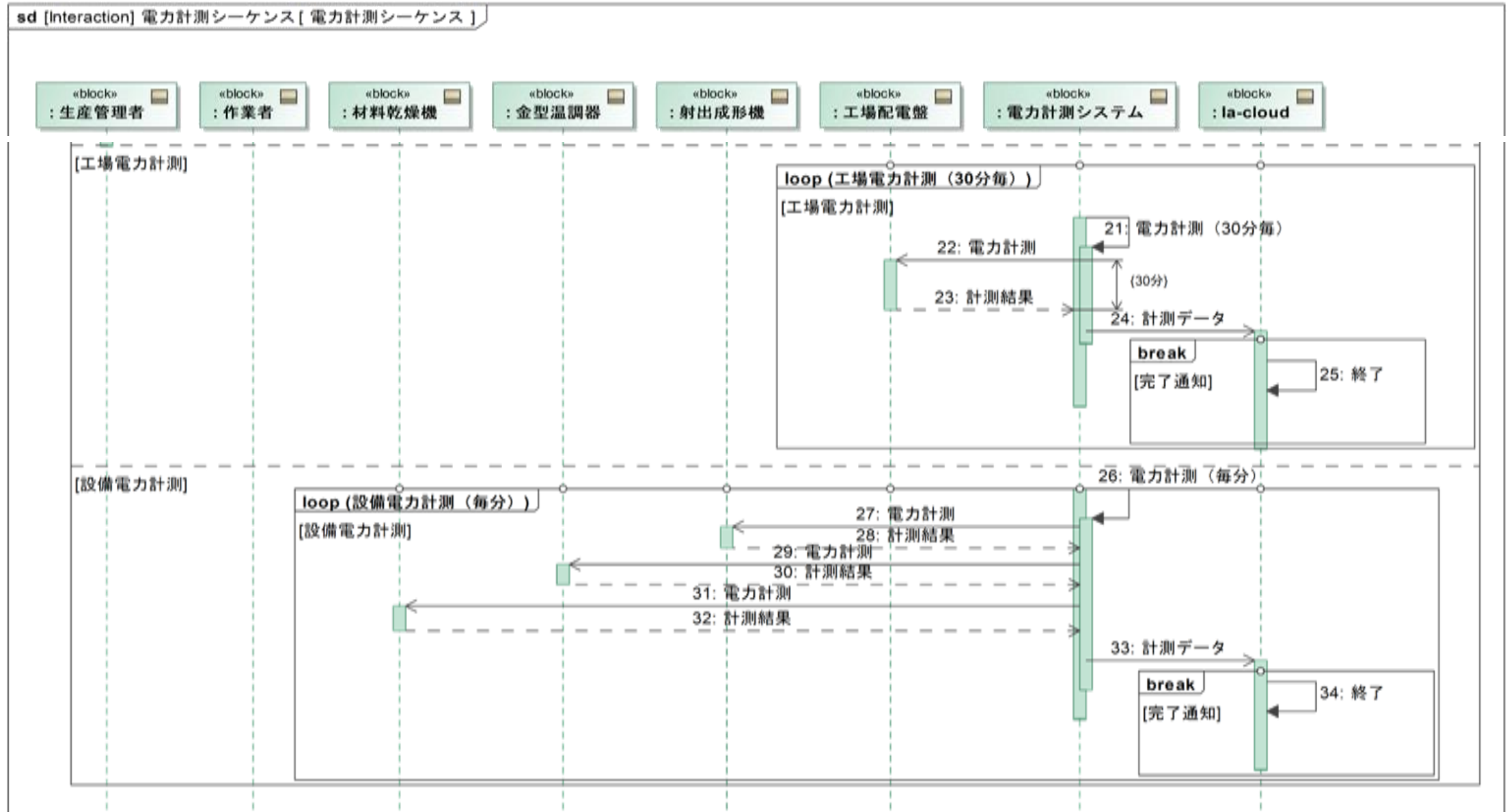
樹脂成形製品のCO2排出原単位を算出するシーケンス図



樹脂成形製品のCO2排出原単位を算出するシーケンス図（成形）

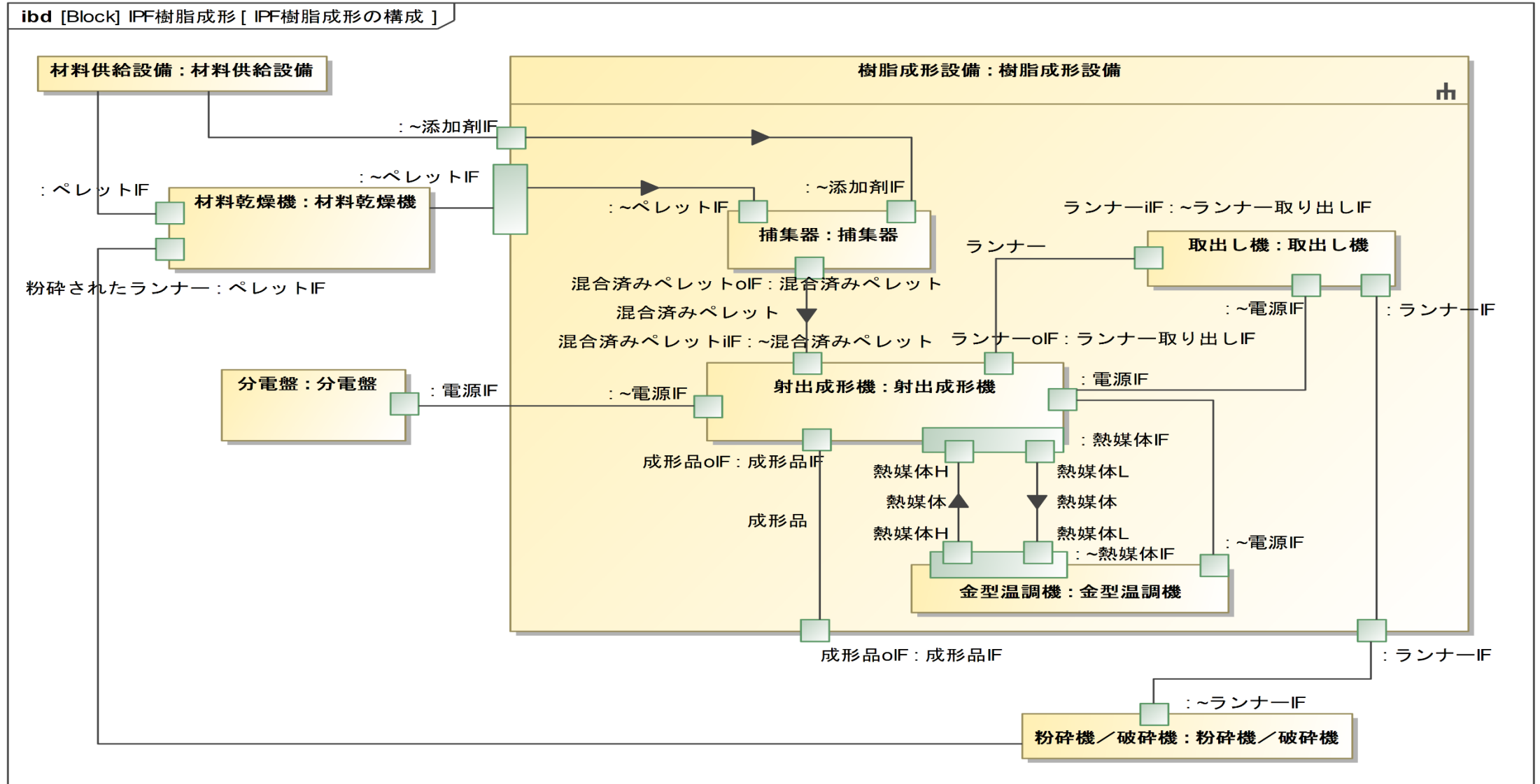


樹脂成形製品のCO2排出原単位を算出するシーケンス図（電力計測）



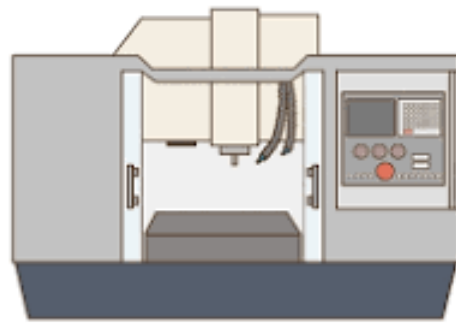


樹脂成形の構成要素とそれらの接続の定義

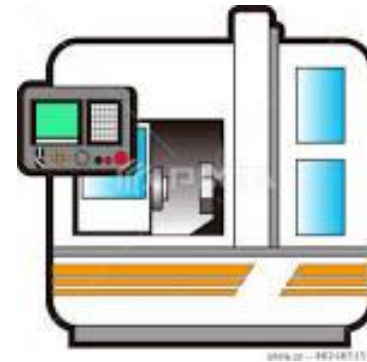


切削加工のモデリングの場合...

- マシニングセンターや旋盤、複合加工機などの切削加工に関して、その段取りを含めた工程をモデルで記述する。
- 消費される電力、廃棄される物などを洗い出し、これらの変数間の関係性を含めてモデルにより記述することで、リソースを有効活用するスケジューリング、予実管理を確実にできるようにする。
- 工場内の電力消費とCO₂排出量の最小化、不良品の削減、メンテナンス時期の予測、プロセス改善などに向けて、関係者間で意思疎通をはかるための共通言語として活用できる“生産現場のモデリング”を行う。



マシニングセンター



旋盤