

杉山重工の技術者養成について

杉山重工株式会社 杉山 大介
Daisuke SUGIYAMA

Key Words: 技術者養成、ラフスケッチ、セラミック製レトルト、OJT

1. はじめに

昨今、退職代行が盛んであるとメディアなどで報じられている。入社早々、4月半ばで退社する新入社員がいるという。新入社員の採用が難航している当社にとっては、驚きの一言に尽きる。

何故、このようなミスマッチが起きてしまうのか？ コロナ影響による面談のオンライン化で、就職先を十分に把握出来なかったのだろうか？ 少子化による売り手市場で、安易に転職しやすい環境だからだろうか？ 折角採用した企業と、期待に胸膨らませ社会人としての一步を踏み出そうとした若者の双方にとって不幸な出来事である。粉体業界は、どちらかと言うと3K（きつい、汚い、危険）の労働環境にある。粉体技術の重要性と奥深さを教授し、社員が粉体の面白さに気づいて自ら仕事を楽しめるよう手助けすることは、採用企業の責務だと思う。当社は、60数名ほどの中小企業である。大企業とは違い、教育専任者はおらず十分なカリキュラムもないが、どのように粉体技術者の養成を行っているか日常事例を通して、雑多に述べていきたい。

2. まずは、教育する側から

当社は、営業・機械設計・電気制御・製造・設備施工を一貫して対応するエンジニアリングメーカーである。粉体材質や処理に応じて都度、顧客の要望を踏まえた一品一様の装置や設備を設計・製作する。業務の性質上、粉体知識は元より所属部署以外の幅広い知識や経験値が要求され、短期の教育訓練では十分な成果が得られない。そのせいもあり一昔前までは、当社の社員教育は、“習う

より慣れる”。体裁良く言えば On the Job training と称して、行き当たりばったりの指導が主体であった。貴重な人材資源を確保しても、上手く磨かなければ光らない。人手不足の傾向が現れた十数年ほど前から、若手の教育指導を行う以前に、まずは指導する側の見直しを行い始めた。

初めて社会へ出た学生や、異業種からの転職者に対して、どうすれば粉体技術やものづくりに興味を持ってもらえるか？ 各部署では、粉体や設計製作での過去のトラブルや身近な応用など、興味を持ちやすい事例を含めて、年度初めに月毎の教育訓練内容を練っている。面白いもので、これまで受け身であった教育担当者も、指導する立場になると自身の無知や経験不足を再認識して、基本に立ち返って再勉強を始める。

入社当初は、粉体になじむため顧客の来社テストに参加することから始まる。先輩の指導の下、テストに伴う準備や清掃、粉体原料の取り扱いや粉体処理の目的、実験過程の記録、報告書の作成などを一貫して行う（写真-1）。



写真-1 実習テスト風景

珍しい物性の粉体については、実際に粉体の反応を体感させ興味を持たせる。写真-2は、Nd合金の金属粉末を大気と接触させて、酸化反応による燃焼を体験させているものである。文献などで知識を得ていても、実際の反応を目の当たりにすると理解度も深まる。



写真-2 Nd合金粉末の酸化燃焼

実粉テストで問題事象が発生した際、拙くてもその原因の推測や解決策のアイデアを発言させている。問題を分析する癖を身につけ、将来、実務でのトラブルをスムーズに対処させる意図からである。

テストの基本となる、粉体物性の測定も新入社員の役割だが、専用の測定器はどうしても高額となってしまう。そこである時、「コストを掛けず、簡便に粉体物性の計測器を作れるか？」とのテーマを与えてみた。その結果、写真-3のような簡易的な計測治具が発案され、自社で製作して活用している。これら測定器の精度は市販製品よりは劣るが、実用面で何ら支障はない。



写真-3 自社製測定器（左：注入安息角 右：流動評価）

粉体テストの実務と並行的に、本協会の粉体入門セミナーや各分科会への参加、展示会での他社製品見学などを通して、粉体および業界の基礎知識と技術を吸収させている。一定期間の粉体実習を行った後、各部署に配属され業務の基礎を学んでいく。

3. 各部署での指導

[機械設計]

顧客要望に沿って粉体装置や設備の設計を行うため、設計着手前の構想や発案を最重視している。設計担当者には、実粉テストで粉の特性を確認した後、必ず設計構想を手書きでラフスケッチさせている。ラフスケッチを基に、設計者が正しく全体のイメージを把握しどこまで詳細部位に配慮しているか、加工過程の工法や治具を考慮しているか、要点を設計上司や営業担当者を交えて検証する。アナログ的ではあるが、考えながら手を動かし、自身の構想を図案化するラフスケッチは、設計検討として最も有効な手法だと思う。ラフ検証では、過去の粉体や機械トラブルなどの経験則を踏まえて、ポイントを指摘する（写真-4）。

- タンクや装置への粉体投入時の、排気処理は？
- 粉体物性に対し、タンク開口径やシュート角度は妥当か、付着・接粉部摩耗への配慮はどうか？
- 製品へのコンタミ配慮と適正な鋼材選定か？
- 計量精度に対し、風や床振動などの外乱配慮は？
- 加熱時の熱膨張対策は？



写真-4 電子ペーパーでラフスケッチ確認

加工に伴う指摘も、スキルアップのうえで重要となる。新入社員は、学生時代に製図の基礎や強度計算・材料工学を学んではいるが、自身の描いた図面で実物を作り上げた体験はほぼない。当初のラフを確認すると、製作からかけ離れた「絵に描いた餅」である。

- 溶接開先と脚長は、充分か？
- 溶接歪による、周辺の加工精度は問題ない

か？

- 自社工作機械で設置加工できる素材寸法か？
- 表面仕上げが妥当か？

ラフスケッチの指摘事項について、実際の工作機械の段取りや溶接作業を行い、問題点を理解させるケースもある。また、設計部署には設計検討の補助として各種板厚や脚長、溶接向きなどの溶接サンプルを配置している（写真-5）。



写真-5 設計部署の溶接サンプル棚

作図過程では、必要に応じてモックアップを製作し動作検証を行う。焼結品の破碎挙動や混合時の流動や付着挙動など不明点を簡易装置で確認し、フィードバックさせる。製造工場と直結であればこそ、対応可能な利点である（写真-6）。



写真-6 モックアップによる動作検証

設計担当者は、検図を受けた図面が工場へリリースされた後も、自身の描いた図面が各製造過程でどのように形作られるか、必ず追跡確認するよう指導している。製作上の問題点の把握は勿論であるが、自身の作品に対する“愛情”を育ませる狙いもある。

このような検証手順を経て、新規製品が開発されている。当社への顧客の要望は、全般的に技術ハードルが高い。数多くの企業に断られて、最終的に当社へ相談にくるケースも少なくない。一例を挙げると、粉体の連続焼成で、回転させながら

1 Pa の真空中で1,000℃に加熱、その後急冷したいとの相談があった。処理量から概算すると、回転レトルトの直径は1.8 m、長さは15 m 程度となる。静置焼成であれば何ら問題はないが、1,000℃の回転体の真空シールをどうするかである。解決策は控えるが、前述の手順を経て試行錯誤の末に独自の真空シールを開発し、要求された熱処理の仕様を満たすことができた。結果として、その技術は水素還元や真空焼成の装置開発に繋がり、顧客に対して新たな提案のシーズとなった。H₂吸蔵せい性において、従来の静置処理で4hの反応時間が必要であったものが、提案した回転式では20 minに短縮化できた。

[電気設計]

盤やPLC制御を担う電気設計では、制御対象の機器構成と目的動作を明確に把握する必要がある。電気設計は、最初に機械設計担当者とエンジニアリングフローの作成を行い、全体の制御フローやインターロック、安全対処などを確認して適正な電装品の選定と円滑な制御を図る。

プログラミングは、文章作成と同じでいかにシンプルに筋道を立て判り易く書くかが重要である。個性や経験回数によって、プログラミングの技術は向上していくが、粉体制御の視点で考えさせないと使い物にならない。新入社員には、制御検討段階で過去の粉体経験則に沿った、具体的な動作手順を指導している。

- 複数の粉体計量では、まず流動性の良い原料を槽内へ計量投入し、次に流動性の悪い原料を計量投入。再び流動性の良い原料を投入して、流動性の悪い材料を積層化する。この操作で、計量された粉体は槽内に残留せず、完全排出が可能となる。
- 流動性の良い粉体を上槽から空の下槽に移送する際、上槽の排出バルブの開時間を短くし少量ずつ供給することで空気の巻き込みや発じんを抑える。
- 計量中は、集じんによる負圧影響を考慮し集じんバルブの開度を制御する。
- スラリー製造時は、所定量より溶媒を減らして若干高濃度とする。貯槽へスラリー移送後、槽内に残った残材の溶解と洗浄を兼ねて、残りの溶媒を投入。その後、洗浄液を貯槽へ移送し所定スラリー濃度とする。

また、製品の見栄えとメンテナンス性を配慮し、機械設計段階で概ねの2次配線ルートやセンサー位置を決定する（図-1）。

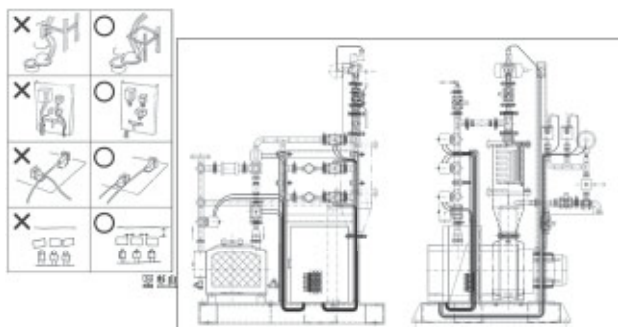


図-1 配線ルート検討

仕様検討を進める過程では、機械・電気設計、営業・製造担当者が集うが、しばしば技術、予算、納期などで対立意見が生じる。とにかく、各担当者は自身の主張を優先しがちとなる。同席する新入社員には、双方の調整過程やさまざまな考えを吸収する機会として、対立意見をよく聞くよう指導している。こうした会議での意見や考え方の情報量が、新入社員の経験不足を補う。発想の転換やひらめきは、直ぐに生まれるものではない。毎日の経験や意見交換が、頭の引き出しに蓄積され、それらが組み合わさって発想やひらめきに繋がる。自分の判断や発想と、正反対のものであればなおさら大切に聞く。この姿勢が、習慣となってくれるのが理想である。

[製造]

当社には「杉山イズム」なる社風がある。「丸い物は限りなく真円に、四角い物はピン角に仕上げる。」暗黙のルールである。製作品は元より、机上の書類ひとつにしても机辺に平行になるよう置く。工場の個人工具は通路と平行/直角に置き、作業エリアを確保する（写真-7）。全体の配置基本を統一することは、5Sと直結し作業の進捗把握や危険回避に繋がる。

製造部は、機械加工、製缶溶接、据付調整に分課されているが、各課員はすべての作業に対応で



写真-7 工場（風景左：部品棚 右：個人工具）

きるよう教育を行い、全員に各種作業の資格を取得させている。

当社の製品は、計量・混合・粉碎・溶解・焼成・成型・真空・ハンドリングなど各工程を網羅したオリジナルの粉体処理装置となる。製作装置に沿って、工法や治具・加工段取を組むこととなる。以下に事例を述べる。

《油圧》

写真-8は2,300 kN 油圧サーボプレスの組立風景である。各部位の精度確認を行いながら組立を進める必要があり、自社製の補助装置を製作して活用している。

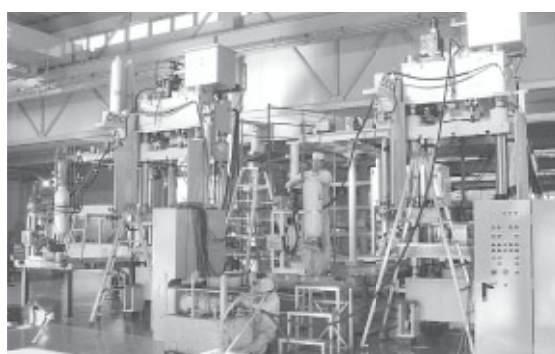


写真-8 油圧サーボプレス組立作業

- 組立段階では、プレスの配線は未施工であり通電して動作調整ができない。このため、組立専用の油圧ユニットを治具として製作した。単独で作動油圧を装置に供給し、テーブル昇降や金型クリアランスなどの調整を行う。油圧ユニットは、作動油の循環フィルターを兼ね、調整前に油圧回路内の異物除去が可能である。
- 成型加圧の際、繰り返し反力を受けるテーブルの4柱のナット締結作業では、プレテンション操作を行う。常温で柱端ネジ部をナット締めした後、ネジ部を自社設計した特殊な電熱ヒーター治具で加熱し熱膨張させる。所定温度に到達後、張力を計算した締め角度でナットを増し締めする。ヒーターを切り放冷すると、ネジ部は収縮し固定ナットにプレテンションが加わる。

製作治具装置や工法は、過去の製作実績データを基に自社標準化している。油圧バルブ操作に伴う水撃現象など過去トラブルも活用して、配管設計と施工が行われる。

《セラミック》

電池材料や触媒などを扱う業界では、金属コンタミネーションが重視される。当社ではセラミックパーツを用いた各種装置を製作しているが、問題となるのが異材質である金属とセラミックの接合である。熱膨張率や靱性・耐衝撃性の異なる材料を、どのように一体化させ機械特性を担保するか？ 専門書にも記述は少なく、必然的に手探りで工法を探り出していく。

写真-9はセラミック接着の試作サンプルである。各種接着剤をさまざまな配合や温度条件で硬化させ、強度の比較測定を行う。これらデータから、装置の用途条件に適した接着剤と接着工法を選定している。



写真-9 セラミック接着剤サンプル

セラミック部品の加工も、外注業者から自社対応に移行しつつある。業者加工ではコストや納期の調整が難しい場合もあり、自社でセラミック用工作機械を製作した。中古旋盤を購入し、切削部の歯固定ヘッドや冷却機構を自社で改造・製作して部品加工に対応している。ダイヤモンド研削砥石は、研削条件を考慮して自社設計した形状品を特注し使用する（写真-10）。



写真-10 自社製セラミック工作機械

以前、セラミック製レトルトを組み込んだ回転焼成炉のテスト機の試作を依頼されたが、顧客の

予算面から鋳込み仕様となった。自社でレトルト金型を製作し外注に支給、さまざまなスラリー濃度で鋳込み試作を行った結果、直径1 m、長さ4 mの1本物のセラミックレトルトを定常的に製作できるようになった。内部にリフターを複数本配置するなど、複雑な形状のレトルトの製作も可能となった。残念ながら、鋳込みでは内部のボイドや粒子沈降に伴う粒子径分布の不均衡によって、運転中に亀裂や折損するケースがあり、恒常的に安定した品質には至らなかった。後に、静水圧（CIP）成型によるレトルト製作に切り換え、これらの問題を解決した（写真-11）。



写真-11 セラミックレトルト (左：鋳込み 右：CIP)

《真空》

高機能素材は、大気雰囲気避け真空減圧・不活性や各種ガス雰囲気中で反応処理を行うケースが多く、反応装置には高い気密性と大気遮断が要求される。当社では、混合・焼成・粉碎など各種真空テスト装置を常設し、顧客が実粉を用いてテスト検証ができる体制となっている。新入社員は、テスト後にコンタミ要因が発生しないよう装置を完全分解して清掃を行う。分解洗浄し、再組立した装置の気密性が確保されているか、リークチェックも併せて行う。リークの度合いによって確認方法も変わるので、OJTで手法と漏れ箇所特定の指導を行っている（写真-12）。



写真-12 Heリークディテクターによる漏れ検査

- リーク量が多い際は、まずアルコールチェックを行う。接続面や回転部にアルコールをかけるが、隙間や穴から真空系内に吸引されたアルコールは直ちに気化し真空圧力の変動として感知される。アルコールチェックは装置下部側から行う必要がある。アルコールが垂れて、下方の漏れ箇所から侵入し部位を特定出来なくなるからである。
- 微小リークの場合は、真空系にHe検知器を接続し懸念部位にHeガスを吹き付ける。分子の小さいHeは細かな隙間にも侵入し易く、真空系に吸引され検知される。Heチェックの場合は、アルコールとは逆に装置上部側から行う必要がある。空気よりも軽いHeは上昇して、上方の漏れ箇所から侵入する恐れがあるからである。

真空装置の組立時には、フランジ接続部やOリングの傷や埃、手油によるアウトガスを防止するため手袋着用など、細かな配慮を行う必要がある。基本的なリークチェックを通して、真空装置の取り扱いを体得させている。真空装置のスペックでは、到達真空と圧力上昇の2項が重要となるが、当社では納入機器の計測データを基に、装置の使用目的とシール構造を考慮して基準値を設定している。

冗長となってしまったが、新入社員に対してなるべく現場密着形の指導を行い、専門書に記載されていない経験に基づく知識を学ばせている。当然、新入社員の学習過程では失敗が付き物となる。板厚と溶接電流値を考慮せず溶接を行い、糸で締めたハムのようなタンクを製作したり、寸法ミススクリーフィーダートラフを設計したり、さまざまなケースがある。これらは悪例として（当

事者には申し訳ないが)、防火貯水槽や焼き肉行事のグリルとして活用している（写真-13）。



写真-13 失敗製品の活用

4. おわりに

「誰でも」「簡単に」「均一な」製品を作る手法としてIT活用が挙げられるが、活用しうるデータは熟練技術者から得なければならない。当社では、核となる技術者を育てていくことに注力しているが、いくら先達の優れた経験や技術があったとしても、新入社員が技術者としての道を極めようとする意志と努力がなければ、これらは吸収されず実践にも活用できない。技術指導を通して、より多くの“自燃性”技術者が育ってくれればと願っている。



すぎやま だいすけ
杉山 大介
杉山重工(株)
代表取締役

〒489-0003 愛知県瀬戸市穴田町970-2
TEL: 0561-48-1811
E-mail: info@e-sugiyama.co.jp