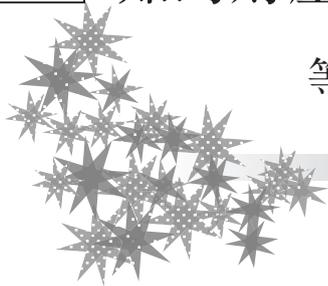


連載 知的財産創造フェーズの理論（等価変換理論）

等価変換理論へのご招待 [第3回]



3回目執筆責任者
等価変換創造学会 山本 和弘

本連載では、異分野の事象や存在の基本構造に等価性を見出して、着目分野での問題解決に活用する体系的で実践的な理論である「等価変換理論」を紹介いたします。今回は第3回です。

第1回：創造理論の系譜、等価変換理論が出来た経緯、等価変換理論の概要（1号掲載）

第2回：等価方程式とフローチャート（2号掲載）

第3回：フローチャートによる発明・開発事例の紹介

第4回：等価変換第1理論、等価変換第2理論、等価変換言語処理法

本連載を通じて、IP技能士の皆さんが知的財産創造のフェーズに必要な知識を体系的に学んでいただくことを期待します。

前号で、「等価変換理論」に「ETフローチャート」というツールがあることをお判りいただけたことと思う。ETフローチャートは、等価方程式の「等価変換機能」をチャート化したもので、前回、その解説がなされたが、なかなか難解だと思われた方も多いと思う。本来、等価変換創造学会では、「例えば……」と等価変換を使って理解し易いように解説するのだが、ここでは章の関係で事例を後から述べることになったので、前回の「ETフローチャート」の解説を読み返しながらか、理解していただきたい。

1. ETフローチャートの実践事例

ここでは、等価変換理論で定番になっている「よく知られた発明を等価変換理論で検証してみる」と取り上げている「フロート法板ガラス製造技術の発明」と、最近話題になっているレア・アースの「磁石用微細結晶合金の連続鋳造法の

発明」についてETフローチャート検証する。

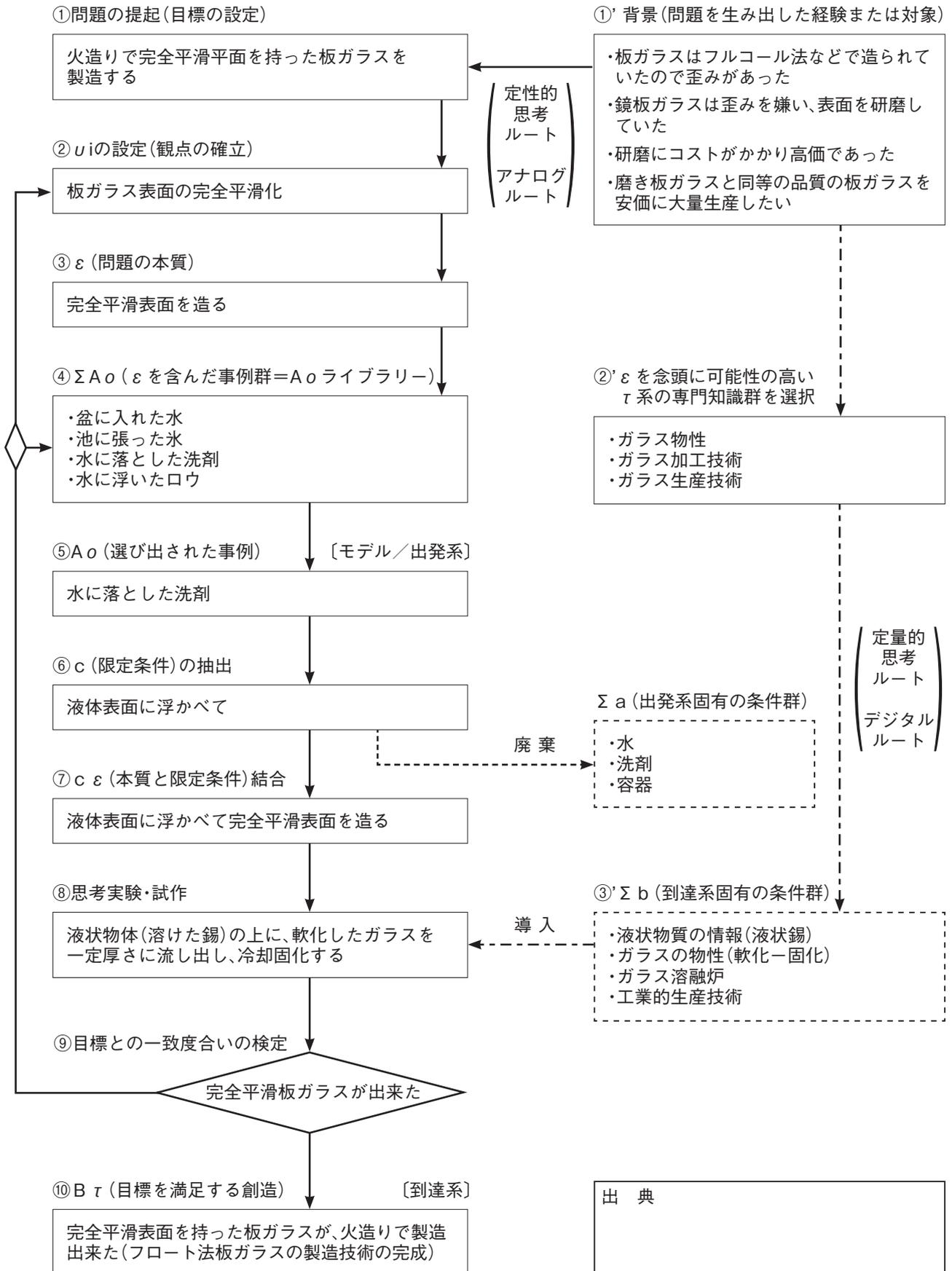
【図1】[フロート法板ガラス製造技術の発明]

テーマ名・完全平滑平面板ガラスの製造法発明

① 問題の背景

1950年代、板ガラスはガラスの溶融炉から縦に引き上げるフルコール方式や、横に引き出してロールの上で固化させるコールバン方式などで製造されていたが、反射像や透視像の歪みを嫌う鏡板ガラスや建物用の上質の窓ガラスは、表面を研磨剤を使って研磨機で磨いて平滑にしていたので、大判サイズのものの作成や大量生産は非常に困難だった。しかし、時代の流れは大判鏡や高級建築物用窓ガラス、自動車の普及（当時の自動車フロントガラスは平面だった）で磨き板ガラスの需要が急増していて、板ガラス製造メーカーの技術者達は、磨き板ガラスと同等の品質の板ガラスを大量生産する製造技術を開発するために研究に没頭していた。

【図1】 ETフローチャート【テーマ名 完全平滑平板ガラス製造法の開発】



① 問題の提起

このような背景のもとで、完全平滑な光沢表面を持った板ガラスを大量に生産する技術は、研磨機の改良やフルコール法、コールバン法の技術改良などが考えられていたが、イギリスの大手ガラスメーカー、ピルキントン社の一技師は、固化したガラスを磨いたり、従来法のロールで引き出して固化したりする方法ではなく、溶融炉から流し出したガラスを整形するだけで（いわゆる「火造り」で）完全平滑な光沢表面を持った板ガラスが製造できないだろうかと考えていた。

問題提起：

[火造り状態（溶融炉で溶融したガラス生地を取り出してホットなままで成型加工する）で完全平滑光沢表面を持った板ガラスを製造する]

② 観点〈 v i〉の確立

問題から何が問題の本質か？を考えて抽象化する。

〈 v i〉 [板ガラス表面の完全平滑化]

③ 本質〈 ε 〉の抽出

観点の表現を動詞化する。

〈 ε 〉 [完全平滑表面をつくる]

④ 事例〈 $A o$ 〉の探索

完全平滑な表面を持ったものを思い浮かべる。

〈 $A o 1$ 〉 盆に入れた水

〈 $A o 2$ 〉 池に張った氷

〈 $A o 3$ 〉 水に落とした洗剤

〈 $A o 4$ 〉 水に浮いたロウ

〈 $A o 5$ 〉

⑤ 事例〈 $A o$ 〉の選定

〈 $A o 3$ 〉 [水に落とした洗剤]

ガラス製造会社の技師が皿洗いを手伝っているときに、皿に溜まった水に洗剤が一滴落ちたら、一瞬にしてその洗剤が水の上に広がって

く様子を体験した。これがヒントだったと言われている。

⑥ 事例から限定条件〈 c 〉の抽出

液体の表面は水平平滑であることに気づいて、液体の上に浮かべれば平滑面が得られるのではないかと考えついた。当然もう一方の解放面は水平平面で平滑であるはずなので、限定条件は、

〈 c 〉 [液体表面に浮かべて]

⑦ 本質と限定条件の結合〈 $c \varepsilon$ 〉

上記本質と限定条件を結合させて、

〈 $c \varepsilon$ 〉 [液体の表面に浮かべて完全平滑表面を造る]

⑧ 思考実験・試作

以上のアイデアをガラス系の技術に適応させればよいのであって、溶融炉から取り出した、高温で軟化状態のガラスと反応しない液状物体（ガラスより比重が大きく、蒸発性の低い安定な物質）の上で、軟化したガラスを一定厚さの平面状に流して冷却固化すればよい。

この液状物質の探索、その他の技術的にクリアしなければならない問題は、技術情報検索から得られるが、等価変換思考で解決することも（多重等価変換）有効である。

【注記】「多重等価変換」とは、ETフローチャートで得られたアイデア〈 $c \varepsilon$ 〉では具体的な技術とはいえないので、そのアイデアを分割して問題を提起し、二枚目のフローチャートで解決する。今回の「完全平滑平板ガラスの製造法」では、「軟化したガラスを一定厚さの平面状に流す方法」などが考えられる。このように細分化し、具象化してフローチャートで解決していくことを「多重等価変換する」という。

⑨ 目標との一致度の検定

平滑平面を得るためにガラスを浮かせる液状物質は金属スズを使用して、入り口と出口に温度差を付けたフロートバスで浮かせたガラスを固化することによって磨き板ガラスに優る板ガラスが製造できるようになった。

⑩ 問題解決 創造的完成

このようにしてフロート法板ガラス製造技術が完成し、平滑美しい板ガラスが大量に生産できるようになった。

[技術革新の後遺症]：大きな技術革新が起こった後には、従来の技術は陳腐化して、職種を転換しなければならなくなることもある。

フロート法板ガラスが大量に生産されるようになって、高価な磨き板ガラスが売れなくなり、研磨剤を製造していたメーカーは死活問題となった。当時、研磨剤はベンガラ（酸化鉄）が使用されていたが、数十倍も効率の良いレア・アースの研磨剤が開発され、使用され始めた矢先だった。日本にも、フロート法板ガラス製造装置が輸入され、研磨剤は一夜にして大量の消費先を失った。しかし、フロート法にも欠陥があった。それは曲面ガラスが造れないということで、曲面の自動車フロントガラスや、テレビのブラウン管には対応が出来なくて、能力の高いレア・アース研磨剤は、深い曲面をもった新型の自動車のフロントガラスや、ブラウン管磨き、レンズ磨きに活路を見だし、曲面研磨に優れた研磨剤が大量に使用されている。

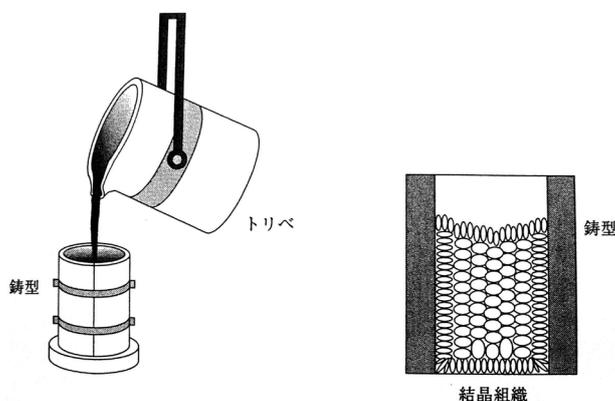
最近話題になっているレア・アースの、世界最強ネオジム磁石の製造技術について、ET フローチャート適応事例を紹介する。

【図2】[磁石用微細結晶合金の連続鑄造法開発]
テーマ名・磁石用微細結晶合金の連続鑄造法の発明

①' 問題の背景

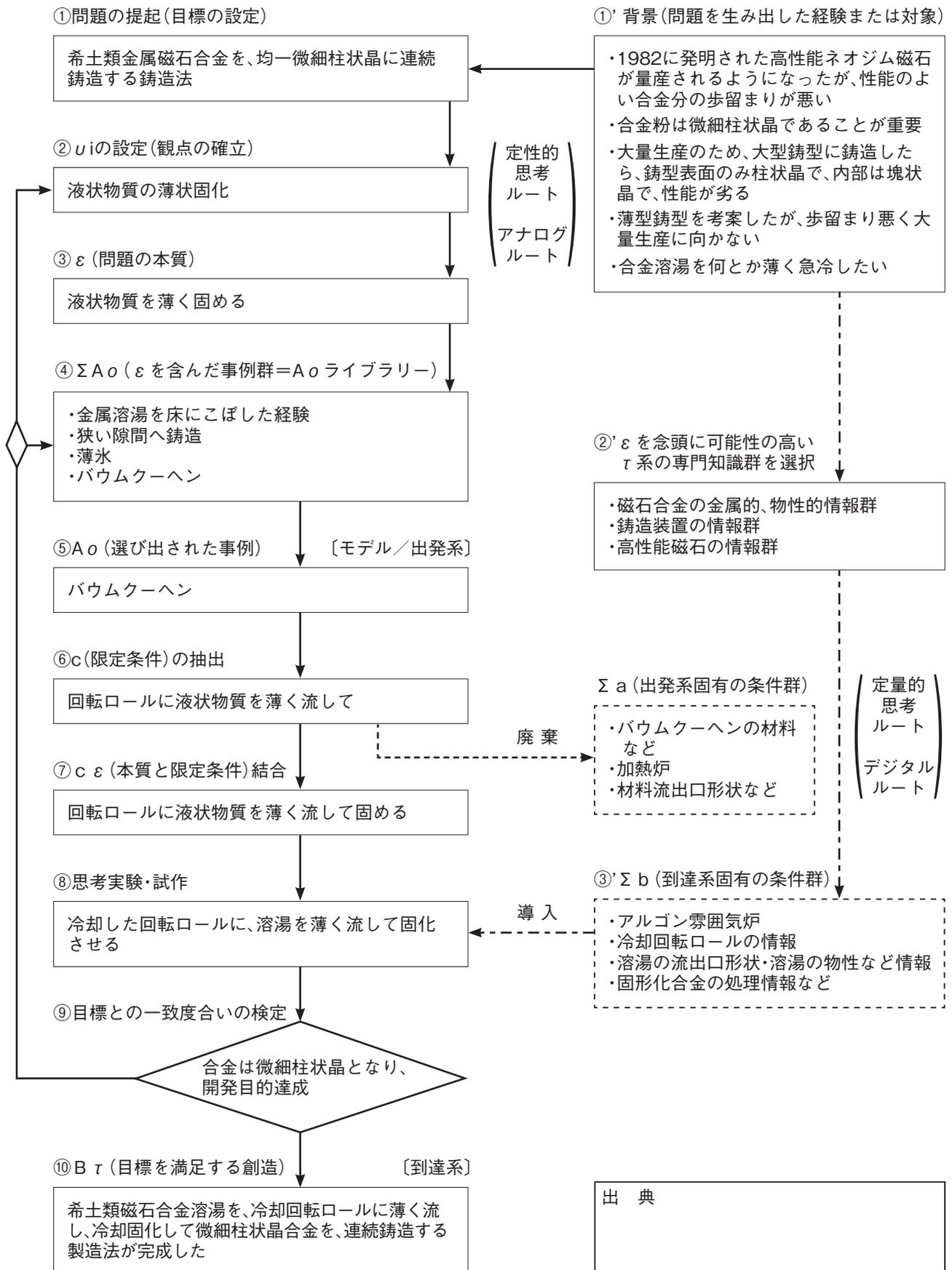
1982年に発明されたネオジム系希土類磁石が、世界中の電子機器、駆動モーターを急速に発展させた。特にマイクロモーター、ハードデスク用VCM(ボイスコイルモーター:HDDハードデスクドライブのピックアップを動かすリアモーター)、MRI(核磁気共鳴)診断装置の発展はもとより、最近では電気自動車のモータードライブにまで進展している。

ネオジム系希土類磁石は磁石合金の微細粉末を磁場プレス(金型の中に磁石合金粉末を入れて、磁場を掛けて粉末を一定方向に整列させてプレスする)成形し、焼結(プレスして成形した合金粉末塊を高温で焼き固めて一体化する)して製造するが、この磁石合金の粉末は数10ミクロンの均一微細柱状晶(細長い小さな鉛筆状結晶)でないと高性能磁石とはならない。通常は合金を溶解し、鑄造して製造するが、それ



鑄造磁石合金の鑄造法と組織

【図2】 ETフローチャート【テーマ名 磁石用微細結晶合金の連続鋳造法の開発】



だと鑄型に接した表面1mm程度しか柱状晶にならず、中央部は塊状結晶（石ころ状）がほとんどで粉砕しても高い性能が出なかった。（磁石は棒状のものがN-Sがはっきり分離して高性能だが、塊状、ボール状のものは性能が出ない）

鑄型に接触する表面を多くするため、薄型鑄型も考案したが、手間がかかり、歩留まりも悪く、実用化に至らなかった。

① 問題の提起

希土類金属とその他の合金成分金属を溶解炉で溶解し、合金にするが、その溶湯を全部微細柱状晶になるように鑄造したい。

問題提起：

[希土類磁石合金を均一微細柱状晶とする鑄造法]

② 観点〈vi〉の確立

鑄造したとき、鑄型に接したところの表面のわずか1mm程度は柱状晶になっていたのに着目して

〈vi〉 [液体を薄く固化]

③ 本質〈ε〉の抽出

〈ε〉 [液体を薄く固める]

④ 事例〈Ao〉の探索

〈Ao1〉 溶湯を床にこぼしたときの経験

〈Ao2〉 バウムクーヘン

〈Ao3〉 狭い隙間の鑄型で鑄造

〈Ao4〉

⑤ 事例〈Ao〉の選定

〈Ao3〉 [バウムクーヘン]

⑥ 事例から限定条件〈c〉の抽出

バウムクーヘンは心棒に薄く流し付けた生地を炉の中で焼いて固化している。これは焼成固化だが、加熱と冷却は逆等価関係にあるので、金属溶湯では冷却固化ができる。そこで

〈c〉 [回転ロールに液状物質を薄く流して]

⑦ 本質と限定条件の結合〈cε〉

上記本質と限定条件を結合させて、

〈cε〉 [回転ロールに液状物質を薄く流して固化させる]

⑧ 思考実験・試作

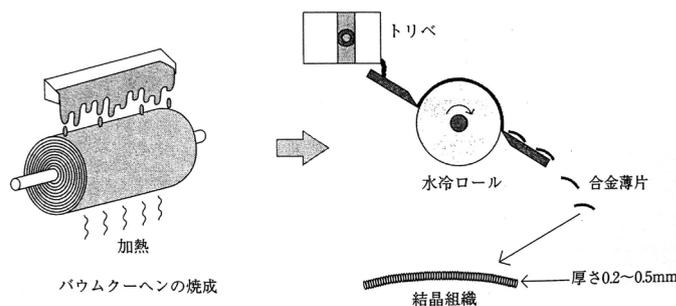
冷却水を流した冷却ロールに溶湯を薄く流して固化できた。

⑨ 目標との一致度の検定

冷却ロールの1/3回転で固化し、はぎ取ることによってほとんど完全に柱状晶となることがわかり、開発目的を達成した。

⑩ 問題解決 創造的完成

冷却ロール回転速度、冷却水温度、溶湯の流出口形状、流出速度、などの技術的条件を最適化することにより、高性能磁石材料が量産できるようになった。



希土類磁石合金連続鑄造法と組織

2. まとめ

・ETフローチャートは、問題の解決のための考え方を、時間を追って解析したものであるから、思考が行き詰まったとき、フローチャートをたどればどの段階で行き詰まっているかを直ぐに認識できるので、フィードバックして思考をやり直せばいい。

・テーマ名はその開発の内容を示すタイトルであるから、簡潔に表示すること。

・「問題提起」は最重要で、「問題が問題になっていない」ことが多いので、問題は単純明快な一つに絞って記述すること。

・フローチャートを使って思考するときに、選択行程が4カ所ある。

① 問題の背景 → 問題提起

② 観点群 → 観点の確立

③ 本質群 → 本質の抽象化

④ 〈A o ライブラリー〉 → 〈A o〉の選択

この4点はどれも選択が違うと違った答えが出るので、熟慮して選択すること。

以上、ETフローチャートを使って、創造的思考の効率化を図っていただきたい。

（次号へ続く）

【執筆者情報】

等価変換創造学会

<http://jcdc.jp/>