

# 日本技術士会 中部本部 岐阜県支部

## 令和2年11月講演会メモ

日時：令和2年11月7日（土） 13：15～17：00

場所：Zoom システムによるウェブ講演会

後援：岐阜大学工学部、岐阜工業高等専門学校

ウェブ参加者：講演会申込者31名、講師2名、事務局1名 計34名

司会：中平 真一（機械部門）

メモ作成：田島 暎久（航空・宇宙部門）

### 会員講演

**演題：**「現象を理解するヒントは身近なところに…～ワインからゲームまで～」

**講師：**イビデンエンジニアリング(株) 環境技術事業部 事業部長 大矢 智一 氏  
工学博士 技術士（化学部門）

**講師紹介：**1974年、名古屋市生れ（46歳）。愛知県立瑞陵高校卒業後、岐阜大学工学部応用化学科入学。2003年、岐阜大学大学院工学研究科博士後期課程・物質工学専攻修了、工学博士取得。同年、イビデン（株）に入社して技術開発本部勤務。2006年～2010年、ギリシャ共和国に赴任してギリシャ研究所の立ち上げと運営。2011年～2014年、DPF（Diesel particulate filter ディーゼル微粒子捕集フィルター）の開発設計と欧米顧客対応。2015年、100%子会社のイビデンエンジニアリング（株）に移り現在に至る。

専門：セラミックスプロセッシング、触媒（スス酸化）。

資格：工学博士（2003年）、技術士（2018年）、甲種危険物取扱者、第一種衛生管理者、メンタルヘルス・マネジメント検定（Ⅱ種）、調理師。

**講演概要：**研究・開発活動において、「何が起きているのか？」という現象を理解することは、原因を突き止め、対策・改善策を打つうえで特に重要である。自分が当たり前のように知っていることや、身近で起きていることに置き換えて考えることで、現象が理解しやすくなった事例を紹介する。

### 講演内容：

#### 自己紹介

- 調理師資格は、学生の時に牛丼屋でアルバイトした縁で取得した。牛丼屋での学生アルバイトの時に、牛丼を美しく盛りする方法にハマって研究。下手な盛り付けは、ごはんが見え、肉が重なり、タレが偏る。上手な先輩の盛り付け方法を観察して現象をつかみ、練習を重ねた。牛丼屋では食べる前に先ず盛り付けの技を見て欲しい。
- これまでの自分の人生を大きく3つのステージに分けて考えている。第1ステージでは岐阜大学に入学して熱意溢れる高橋教授に魅せられ、教授の定年退職まで一緒について行って博士号を取得。第2ステージはイビデン入社からイビデンエンジニアリングに移るまで。イビデンに入社して優秀な技術者が大勢いるのを見て挫折感も味わった。第3ステージはイビデンエンジニアリングに移ってから現在まで続いている。そろそろ社会の役に立ちたいという気持ちになってPTA会長をやり、技術士を取得した。これから技術士として貢献できることがあれば一緒にやっていきたい。
- 「さあ、才能（じぶん）に目覚めよう 新版ストレングス・ファインダー2.0」トム・ラス著、古屋博子訳、日本経済新聞出版社 に従って、34のカテゴリー別に順位付けして自己分析を行った。その結果、自分の強み、弱みが分かったが、この本では自分の弱点は周囲の人で補ってもらうことを薦めている。
- 技術士会では化学部会、青年技術士交流委員会などに参画しているが、特に理科支援小委員会では、将来を担う子供たちに化学の面白さを分かりやすく伝える活動を通じて技術士の認知度も上げていきたい。



## セラミックス・コーティング ～セラミックの世界を 少しだけのぞいてみよう～

- セラミックスには、オールドセラミックス（汎用セラミックス）とニューセラミックス（ファインセラミックス）がある。ケイ酸塩（シリカ）をベースにした陶磁器、セメント、ガラスなどはオールドセラミックスになる。これに対してニューセラミックスには、ケイ酸塩だけでなくチタンやバナジウムなど様々な元素の窒化物、炭化物、珪化物などがあり、いずれも製造工程を精密に制御することにより様々な熱的機能、機械的機能、電気的機能、光学的機能、磁氣的機能、生物・化学的機能を持たせる。
- セラミックス・ガラスの合成法には最終形状によって様々な方法があるが、その中で薄膜を作るゾルーゲル法について紹介する。車のHUD（ヘッドアップディスプレイ）はフロントガラスの上に施された屈折率の異なる薄膜コーティングで反射された下からの画像を見ることができるが、この薄膜コーティングにゾルーゲル法が使われている。
- ゾルーゲル法はガラスやセラミックスを低温で液体から合成する方法。まず原料となる溶液に触媒（酸・塩基）やキレート剤を加えてゾルにする。ゾルは牛乳と同様なコロイド溶液。ゾルが透明でもレーザー光を通すとコロイド粒子によって散乱されるチンダル現象によって溶液と区別できる。このゾルを空气中に放出して寒天状のゲルになったものを乾燥させ 600～800 度で熱処理して最終的にガラスやセラミックスにする。最終形状は、バルク（塊）、薄膜、ファイバー、粒子など様々にできる。
- オールドセラミックスのシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) の場合は、液体原料のテトラエトキシシラン ( $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ) に水を加えて触媒反応させる加水分解と縮合反応によって最終的に  $\text{SiO}_2$  になる。原料が反応して、シリコン・酸素・シリコン・酸素……のネットワークができて、これがリニアになると繊維になり、3 次元的に成長すると粒子になり、薄く作ると薄膜になる。
- ゾルーゲル法の場合は、原料に触媒として塩酸などの酸を加えて、温度や攪拌などの反応条件を変えることによってガラス、ファイバー、フィルムなどの異なった最終形状を作ることができるが、反応条件を精密に制御することが必要になる。
- ガラス基板に薄膜を張るコーティング方法には、ディップコーティングとスピコーティングがある。ディップコーティングでは、ガラスなどの基板をゾルに浸して、引き上げ、乾燥、熱処理して基盤表面にセラミックスの薄膜を作る。スピコーティングは、回転する基盤に液体を垂らして、余分な液体を遠心力で除去して表面に薄膜を作る。
- ディップコーティングする時、コーティング膜は引上げ速度に比例して厚みが増す。この関係は方程式で表されるがイメージがわからない。そこで、自分が風呂に入っている場面を想像して、湯につかってからゆっくり立ち上がる場合と、素早く立ち上げる場合を考える。ゆっくり立ち上がると、うっすらと湯がついて乾かなければそのまま残る。素早く立ち上がると、湯が一瞬に引きずられて分厚い湯の膜が残るが、しばらくすれば重力で垂れて最終的にはゆっくり立ち上がる場合と同じ厚みになる。しかし、ゾルーゲル法では、コーティング液が空気中の水分に触れると反応してゲルになるため引き上げた瞬間の分厚い厚みがそのまま残る。
- ゾルーゲル法においては、ゾルの状態を安定的にコントロールすることが最も重要であり、反応を間違えるとゲル化や沈殿して使い物にならなくなる。このため大学での研究テーマは非常に不安定な二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) を使った安定なコーティング液を作製することだった。二酸化チタンは白色顔料であると同時に光触媒でもあるので塗料に使われている。二酸化チタンの白色顔料は太陽の紫外線を浴びると光触媒として働いて表面の汚れを除去するため道路の白線は汚れにくい。
- 二酸化チタンの原料になるチタニウムテトライソプロポキシドは、非常に不安定で水と反応すると即座に二酸化チタンの沈殿物になってコーティング液にできないため、けっこう悩まされた。チタニウムテトライソプロポキシド以外に、チタン鉱石から硫酸や塩酸を使って溶かした四塩化チタンもあるが、これも不安定で水と反応して白煙になる。この白煙は昔、煙幕などに使われていた。
- 「どうしたら、コーティングに適した安定な液を作製できるのか？」は、化学的に非常に興味のあるところだが、その詳細経緯は割愛し、結果としてほぼ透明できれいな溶液ができた。チタニウムテトライソプロポキシドの不安定な溶液に、水酸化テトラメチルアンモニウム ( $((\text{CH}_3)_4\text{N}^+ \text{OH}^-)$ )、即ちゼオライトのテンプレート鑄型としても使われている有名なアンモニウム塩を加えることによって、沈殿を生じることなく、きれいなゾルができることを発見した。この透明ゾル作成の条件は、窒素に対してメチル基が4つ付いた「かさ高い化学構造の強塩基」で大きな塊の分子である。この成果は Chemistry of Material という学会誌に投稿して審査が通り掲載された。

- 水系の安定なゾルが完成したので喜び勇んで早速ディップコーティングを試した。溶液から引き上げた直後はガラス基盤に均一な液膜が付いているが、時間が経つとともに何故か液膜が上に移動していった後、下に落ちてきた。これを乾燥、熱処理して形成された二酸化チタンの膜厚を測ってみた結果、コーティング膜は不均一で上部ほど厚くなっていた。膜厚の測定はコーティング膜の屈折率を利用したエリプソメーターを使った。
- 「うまくコーティングできない課題」を解決するためには、不均一な膜厚が形成される理由を解明せねばならなかった。この水系の安定したゾルには一連の反応で生じたアルコールが30～40%含まれていることから、「ワインの涙」現象を思い付いた。ワイングラスを回すと周囲にワインの液膜が付くが、アルコールが先に蒸発して液膜の水分が多くなり表面張力が高まって水たまりとなって落下して涙のように見える。これは、正式には「マランゴニ対流 (Marangoni flow)」と呼ばれ、液体表面で表面張力の低い方から高い方へ流れを生じる現象で温度差、濃度差があると起こる。「ワインの涙」と同じことがディップコーティングでも起こっていると気が付いた。当時、「ワインの涙」の良い写真をとるために柳ヶ瀬に足しげく通って何杯も飲まねばならなかった。
- どうしたら、きれいなコーティングができるか？ 条件は、水とアルコール(2-プロパノール、イソプロパノールともいう)40%程度の混合溶液。問題点は、「ワインの涙」現象によって薄膜が移動してきれいな膜が得られないこと。そこで、チタン化合物の濃度を高くすれば膜中のアルコールと水の含有量が少なくなって「ワインの涙」現象を抑えられるのではないかと、或いは、液膜自体を小さくして動きを止められないか、と意思について試してみたが、結果は今一つだった。これが解決されないと、せっかく作った良いコーティング液も意味がなくなってしまう。解決へのヒントとしては、「粘度を高くする」、「動きにくくする」、「ベトベトする」などがあつた。
- 結局、この水とアルコールの混合溶媒に溶ける色々な化合物を試した。ポリビニールアルコール (PVA) を加えると、まあまあだが、上が薄くて下が厚くなった。砂糖を加えると最もきれいで均一な膜ができた。砂糖に辿り着いたのは、粘度やベトベトのイメージからだった。つまり、アルコールを含んでいて手に付いたらベトベトするものが良いのではないかと考えた。即座に思い付いたのが、「みりん」とコーヒーリキュールの「カルーア」で、どちらも甘い。要は何か甘いモノを入れたらいいのではないかと気が付いた。今の私なら「養命酒」が思いつく。甘いモノは、ポリヒドロキシ化合物群に含まれ、化学式の -OH で表されるヒドロキシル基を多く持つ。ソルビトール、スクロース (砂糖)、グリセリンなどが含まれる。このポリヒドロキシ化合物は、水ともアルコールとも仲が良くて水に溶けやすい。
- 砂糖が良いのはなんでだろうかと云う疑問に対して、粘度が上がるからではないかと、ということで粘度を測定してみた。車の不凍液に使われるポリエチレングリコール (PEG) とか、洗濯糊の PVA を加えたものだと、粘度がかなり高くなるけれど均一な膜はできない。砂糖を加えたものは粘度がほとんど上がらなくて均一な膜ができた。粘度が高くなるから均一な膜ができると当初は思ったが、実験するとそうではないことが分かった。
- 次のような定性的な実験も行った。垂直に立てたガラス板にピペットで溶液を一滴落として、ガラス表面をつたい落ちていく様子を数種類の溶液で試した。何も加えてないものに20マイクロリットル垂らすと、10.6 cmまで落ちて止まった。砂糖を加えたものは7.5 cmで止まった。粘度の高いポリエチレングリコール (PEG) は15 cmまで落ちて液が溜まった状態で止まった。何となく感覚的に表面張力が低い方が良いと思いたいが、砂糖も PEG も水に加えると表面張力が上がる。だけど砂糖は上手くいくのに PEG はうまくいかない。ガラスに対する濡れ性に何らかの特異性があるのではないかと、とも考えている。この謎を解く前に研究が終わってしまった。何かご存知の方がいればご教示願いたい。
- ここまでのまとめ: 実験、研究は、目の前で起きている現象が事実 (現実) であり、なぜ? を考え、発想を得るうえで、理論や論文だけではなく、身近で起きている現象、自分の経験・感覚にヒントを求め、アナロジー的に考えることがとても重要で、それによってある程度解明できる。①ディップコーティングの膜厚は湯船から出る自分 ②膜の不均一現象は「ワインの涙」 ③ベトベトな膜は砂糖や洗濯糊 (PVA)

#### 触媒 ～セラミックフィルタ/スス燃焼触媒の世界を少しのぞいてみよう～

- イビデン (株) に入社して自動車の排ガス触媒の研究に携わった。軽油やガソリンがエンジンで燃焼した排ガスは触媒によってクリーン・無害な状態で大気放出される。触媒の中では、①エンジンで燃え残ったガス (ガソリン、軽油) を 燃やす ②燃焼によってできた CO、NO<sub>x</sub> を無害な CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> にする ③不完全燃焼生成物である C (スス) を捕集、完全燃焼させる といったことが起きている。ディーゼルエンジンには

DPF (Diesel particulate filter ディーゼル微粒子捕集フィルター)、ガソリンエンジンには GPF (Gasoline particulate filter ガソリン微粒子捕集フィルター) が使われ、いずれも酸化物系の触媒を利用している。

- 排ガス触媒の役割にはガス処理と個体のスス処理がある。ガス処理には、コーディエライトセラミックス製のフロースルー型フィルターが使われ、ガスは入り口から一直線にフィルター内を通過する間に触媒と反応して清浄化される。これに対して、スス処理には、千鳥格子構造になったセラミックス製のウォールフロー型フィルターが使われ、ガスがフィルターの濾過膜を通過する過程でススは濾される。しかし、濾されたススが溜まって目詰まりを起こすと排気できなくなってエンジンは止まってしまうため、ススを連続的に燃焼させて取り除く。
- 排ガスのススはどの程度の大きさなのだろうか。ディーゼルエンジンから排出されるPM粒子分布を見ると、主に 0.1 ミクロン程度の粒子が占めている。これはウイルス単体とほぼ同じ大きさで非常に小さい。他方、SiC-DPFの濾過膜を構成する多孔質体 SiC の気孔は 10~20ミクロンもの大きさがあり、これで 0.1 ミクロンの PM 粒子を捉えられるのだろうか。実験してみると、0.1 ミクロン周辺のサイズが最も残る。つまり、ディーゼルから出てくる最も多いサイズが実は最も除去しにくいことが分かる。しかし、全体としてはDPFによってPM粒子排出数が10の3乗~4乗のオーダーで低減し、除去率が 99.98%~99.99%に達することから非常に効果的と言える。
- 0.1 ミクロンのススを 10~20ミクロンの孔で濾過できるのは、なぜか。分かり易いアメリカ疾病管理予防センター (CDC) の資料でみると、PM 粒子濾過の原理として、さえぎり・慣性・拡散・静電・重力が考えられ、その原理別に PM 粒子サイズと除去率の関係を示す特性がある。それらを合計した特性を見ると、PM 粒子サイズが 0.1 ミクロン周辺で除去率が最も低下しており、0.1 ミクロン周辺のサイズが最も残ったSiC-DPF濾過膜の実験結果と一致している。
- SiC-DPF のスス処理フィルターは、四角形を幾層にも積み重ねて間をセメントで固めた「セグメント分割構造」になっている。セラミックスは一般的に熱膨張係数が大きい。車のエンジン周辺は温度変化が激しいため、セグメント分割構造にして熱膨張で割れにくくしている。日本ガイシやコーニング製のコーディエライトセラミックスは、熱膨張が非常に小さいが、SiC セラミックスは、コーディエライトセラミックスの4倍以上も熱膨張するので、そのための工夫がしてある。
- 触媒の構造を詳細に見ると、ガス処理のフロースルー型フィルターではガス自体が拡散して触媒と反応するが、このように触媒と反応して燃料を燃やしている身近にある例が「ハクキンカイロ」だ。「ハクキンカイロ」は、ガラス繊維の中にある白金が触媒となって燃焼を促すが炎が出ることはない。意図的に息を吹きかけると赤熱しているようにみえるが、それでも炎は出ない。この白金は、「安定なカップルでも引き離され、新たな出逢いの場を提供している場所」とも例えられる。こんな場所が世の中にあるかどうか分からないが、手をつないだ安定なカップルの酸素分子O<sub>2</sub>が白金の表面に接触すると引き離される。引き離された酸素原子Oは非常に不安定になり、近くにある燃料と出逢って新たなカップルになる。これを化学的に言えば、酸素(O<sub>2</sub>)が触媒表面で解離して燃料(C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>)を酸化する(燃える)。最初に燃えた(CO)がさらに燃えて(CO<sub>2</sub>)になり、最終的にCO<sub>2</sub>と水(H<sub>2</sub>O)になる。ハクキンカイロでは燃料としてベンジンが使われ、それが燃えて二酸化炭素と水になるが、これと同じことを排ガス触媒も行っている。
- スス処理のウォールフロー型フィルターではフィルター壁の上に着いたススは動くことなく溜まっていく。このススはどうやって燃やせばよいのか。燃焼の3要素として、「可燃物」「点火源」「酸素供給体」が昔から言われているが、最近はこちらに「燃焼の継続」を加えて4要素になっている。この4要素のどれか一つを断ち切れれば燃焼は続かない。ススを燃やす場合、可燃物のススと酸素はあるので、あとは点下源となる熱源があればよい。更に燃焼の継続には連鎖反応が必要となる。
- ススを燃焼させる酸化の連鎖反応はどうすれば起こるのか。ススの近くに燃焼熱(エネルギー)が与えられて、ススと酸素が反応できる状態になればよい。この状態を、ギリシャの研究所にいた時、ある研究者が「ぷよぷよ」みたいだと言っていた。燃焼触媒と接触した所から優先的に反応が起こり、その燃焼熱が「ぷよぷよ」連鎖で次々に伝わっていくことによって燃焼が継続する。最初の燃焼のトリガーは触媒の界面で起こり、これを起こすのに必要なエネルギーが「活性化エネルギー」である。
- 実際の燃焼を化学反応式にすると、先ず炭素と酸素が引っ付いて一酸化炭素となって熱が出る。その一酸化炭素に更に酸素が引っ付いて二酸化炭素となって熱が出る。最終的には炭素が二酸化炭素になって

熱が出るが、計算上では 393.5 [kJ/mol]の熱になる。これは各砂糖5個分の大きさの炭素の燃焼熱に相当する。燃える時には活性化エネルギーと言う障壁を乗り越えて最終的に二酸化炭素ができる。この活性化エネルギーの障壁を低くして小さなエネルギーで反応し易くするのが触媒の役目になる。炭素は通常約 600 度で燃えるが、触媒を使うと 500 度くらいで燃え始めるようになる。

- ススと触媒の理想的な関係について。1889 年に スウェーデンのアレニウス(Arrhenius)は反応速度kの温度変化は指数関数で表されることを発見した。一般に温度が 10°C上昇するごとに反応速度は 2~3 倍増大する。例えば、煮物料理で低い温度で煮ると、熱い温度で煮るとでは要する時間が違うことから経験的に分かる。ここで重要なことは、ガスは拡散して触媒と自由に触れられるが、固体のススは一旦、触媒に引っ付いた後は動くことができない。アレニウスの式において、どれくらい接触するか、を表すA(頻度因子)、つまりススと触媒との接触(密な関係)が非常に重要になる。その一つの解決法として、ススそのものの表面に触媒を直接付けるという考えがある。つまり、エンジンの中で燃焼する時にススを燃やす触媒と一緒に入れて、ススが出る時に触媒と引っ付いて一緒に出てくる。これはナノレベルで接触するため非常に有効な方法で、フランスのプジョーが燃料添加剤システムとして最初に実用化した。
- 従来の SiC-DPF では、内部にあるSiC多孔体全ての表面に触媒がコーティングされていたが、ススが溜まるのは触媒の外表面だけに溜まる。接触を高めようとしているのだが、ススと接触している触媒はこの部分だけになる。先ほどの「ぷよぷよ」連鎖の考えに基づいてススの界面にだけ触媒があれば内部は必要ないだろう、ということで、外表面だけに触媒をコーティングする「レイヤー コーティング」を ギリシャにいる時に提案した。レイヤーコーティングしたものを、何もコーティングしてないものと燃焼実験して比較した結果、10 倍速くススが燃えた。残念ながらこれは実用化できなかった。
- 最終まとめ：実験、研究は、目の前で起きている現象が事実(現実)であり、なぜ?を考え、発想を得るうえで、理論や論文だけではなく、身近で起きている現象、自分の経験・感覚にヒントを求め、アナロジー的に考えることがとても重要で、それによってある程度解明できる。①ディップコーティングの膜厚は湯船から出る自分 ②膜の不均一現象は「ワインの涙」 ③ベトベトな膜は砂糖や洗濯糊(PVA) ④ ススの触媒酸化は、ぷよぷよ、接触(密な関係)

## 受託分析サービス

- イビデン(株)は大正元年(1912年)に水力発電事業で創業した。創業時の発電所は現在もイビデン東横川発電所として運営されている。建物は大正時代の古いレンガ造りだが、中は最新鋭の機器が備えられて遠隔操作で運営管理できる。時代を経るとともに、発電した電力を使って様々な事業が起こしてきた。一時、肥料製造事業を起こした時に肥料を分析する部門もできた。「肥料取締法」によって製造した肥料を分析する必要があったからと聞いている。その分析部門がイビデン以外の顧客にも価値を提供するために1973年頃に分社化してできたのがイビデンエンジニアリング(株)である。社は「イビデンで培った技術を磨き、エネルギーと環境分野で社会に貢献するエンジニアリング会社」であり、今では建設事業部、メンテナンス事業部、環境技術事業部、精機事業部などを展開している。
- 現在、環境技術事業部で注力しているのは「お客様の困りごと解決」。病院に例えれば、大病院ではなく、身近に接することができる「かかりつけ医」のように、気軽に技術相談ができる「かかりつけ分析会社」を目指している。例えば、異物分析の進め方は、①情報収集(発生状況の把握)②外観観察(サンプリングして金属?無機物?有機物?)③分析方法の決定(FT-IR など)④分析測定・同定(身近な物質、疑いのある物質も分析)⑤発生源の特定(特定のためにも分析、被害のないことも分析)⑥分析結果報告書を納品 といった流れになる。技術士のコンサルティングと似たような面がある。
- 分析の事例紹介その1：配線基板パターンの銅表面の色が少し違う。この事例は親会社からよく依頼がある。銅表面で何が起こっているのか、何が引っ付いているのか、という依頼である。このような場合、お客から分析方法の指定がある場合もあるが、この分析方法ができるか、という問い合わせもある。また、適切な分析方法が分からないので教えて欲しい、との依頼もある。いずれの場合も次のように問いつ返す。「どのレベルまで知りたいですか、元素レベルですか、化合物レベルですか、また、表面からの深さ必要ですか」と。このようにヒアリングして相談しないと分析方法は決められない。松竹梅の松か、竹か、梅かは、お客と相談して決める以外にない。

- この事例で分析方法によってどんな違いが出てくるのか。①FT-IR（反射法・ATR法）では、よく分からない。お客さんからこの方法を指定されても、分からない結果しか出せない。②XPS 表面分析はX線を使って分析する方法で ESCA とも言われており、これだと元素の存在情報が判る。つまり、表面の汚れには酸素、炭素、シリコンが含まれていることが判る。③AES 深さ分析はオージェ分析とも言われ、この方法も同様にシリコン、炭素、酸素のあることが判る。更にそれら元素が表面からどの深さまで分布しているかも判る。④TOF-SIMS 分析は表面の情報を得ることができる。マススペクトルによって原子量28のシリコンが表面に張り付いていることが判るが、これだけでは中々分かりにくいというのも事実。⑤熱分解 GC/MS、ガスクロマトグラフィーは、シロキサンと言われるシリコン化合物のD3からD7まで含まれていることが判る。つまり、シリコンではなく、シリコン油や浸透潤滑剤「KURE556」のようなものが表面に張り付いているということが、ここまできてようやく判る。従って、お客から分析調査依頼を受けた時に、最初からこの分析方法を薦めるのか、それとも別の分析方法で留めるのか、はお客との相談次第になる。当然、かかる費用も違って来る。最初からフルセットで行えば、時間は相当長くかかるが答えは出る。しかし、どこまで進めるかを見極めるのは、これまでの経験からしても、中々見えない。
- 分析の事例紹介その2：これが何か調べて欲しいとの依頼。実物があれば、その場で実体顕微鏡などを使って観察する。この調査対象物は2mm程度の大きさで、金属光沢がないことは判った。まずは、金属か、プラスチックか、セラミックスか、を見分ける。そして選択した分析法はFT-IRで、これは化合物の化学結合が分かる。その結果をみると、調査対象物のサンプルにマッチした化合物がカルシウム・オキサレート・ハイドレート、つまりシュウ酸カルシウムの水和物であることが判った。実を言うと、これは「身から出たさび」ならぬ「身から出た結石」、つまり自分の尿道結石。
- このように分析、測定、評価を日々行っている。当然、できることと、できないことがあるが、一応、私を直接指名していただければ相談に応じますので遠慮なく声をかけてください。
- 技術士会中部本部の有志で運営している「よろず科学技術相談所」があり、我々で対応が難しい訴訟関係や裁判沙汰の案件は、そこをお願いしている。例えば、夫の服についていたものが女性のものか男性のものかしらべて欲しい、などと浮気調査の変わった案件もあるが、訴訟に発展しそうな場合はやはり、そこをお願いしている。
- 「人生は8合目からが面白い」とは世界的な登山家・田部井淳子さんの言葉。あと何年の人生か分からないが、まだまだ8合目には達していない。「8合目からが面白い」という境地まで努力しなければいけない、と思っている。

## Q&A

Q：科学警察研究所からの分析依頼はありますか？

A：それはありませんが、宇宙関係や政府関係からの調査依頼はあります。

Q：シュウ酸カルシウムであることが判っても、結石であることということが判るのは、なかなかすごいと思います。どのように考えられたのでしょうか？

A：結石にはリン酸塩とシュウ酸塩がありますが、最初に尿道結石で治療した時にシュウ酸カルシウムと知らされました。尿道結石は繰り返す発症します。ギリシャの水はカルシウムを多量に含んでいたので心配でしたが、当時は発症せず、帰国して5年後に尿道結石が発症しました。関連があるかは分かりません。

## 来賓講演

演題：「やわらかアタマと、技術で新しいアイデアをたくさん創り出そう！～アイデアの発想法を身につけよう～」

講師：(株)道家経営・法務事務所 代表取締役 道家 陸明 氏 中小企業診断士 行政書士

講師紹介：笠松町に在住。1987年、慶應義塾大学商学部卒業して、(株)博報堂に入社。2012年～2014年、道家経営・法務事務所 代表。2014年～現在、株式会社道家経営・法務事務所 代表取締役。

独立行政法人中小企業基盤整備機構 中部本部 地域支援ネットコーディネーター(2013年度～2018年度)、

経営支援チーフアドバイザー(2016年度~2018年度)、企業支援チーフアドバイザー(2019年度~現在) 岐阜県経済産業振興センター登録アドバイザー、岐阜商工会議所専門家、岐阜県商工会連合会専門家、名古屋商工会議所専門家、三重県商工会連合会専門家、ミラサポ専門家登録(~現在) 岐阜県プッシュ型事業承継ブロックコーディネーター、岐阜県経営者保証コーディネーター(~現在) 愛知県立芸術大学 非常勤講師(デザイン専攻) (2020年度)

専門：新規事業、新製品開発、新規市場開拓、創業 などをはじめとして、マーケティング、販路開拓、知財活用・マッチング関連、まちづくり、システムデザイン、人材育成

資格：中小企業診断士、行政書士、宅地建物取引士、第二種情報処理技術者、BCAO認定事業継続管理者、知的財産アナリスト

講演概要：「アタマを柔らかくして、柔軟かつ前例のない発想ができるようにするためのツールと実体験」として、中小企業診断士の立場から解説し、ワークショップを開催する。



## 講演内容：

### 自己紹介

- 笠松町に事務所を開設して以来、企業の悩み事の解決を手伝っている。今年からは愛知県立芸術大学においてフューチャーバリュー(Future Value 将来価値)のテーマで、社会の仕組みや制度を含めた「世の中を変えるデザイン」を教えている。中小企業診断士は技術開発とは無縁のように思われがちだが、博報堂にいた時に、暖炉やマキストープの上に置いた熱電素子で iPad の充電装置を開発し、更にその温度差を大きくするために横にポンプをつけて水冷にした新製品を大阪の企業と共同開発した。最近ではシリコンバレーの企業や自動車部品メーカーと組んで、コネクティッド関連のビジネスやサービスを一緒に考えたりした。このように中小企業診断士の業界でも研究開発や技術開発がらみの仕事が多くなっており、今後も様々な場面で技術士との接点ができることを望んでいる。

### 新製品・新サービス開発のステップ

- 小林製薬(株)では年間 35,000 件以上の提案がある。その中で新商品の提案が 15,000 件以上あって、発売にまで至る新商品が年間約 30 品目出てくる。2017 年は新製品の売上構成比目標を発売初年製品 10%、4 年以内の製品 35%に設定したが、実績は各々 5.4%と 21%にしか達しなかった。30 品目の新製品を出しても翌年まで残るのは僅か 3~4 品目しかない。このような比率を考えるとベースになるアイデアの数、小林製薬の場合は 35,000、15,000 という数字が重要になる。
- アイデアを出す： どうしたら売れるのか、どうしたら利益が出るのか、を考えると、やはり、社会に価値ある活動のアイデアを求めることが必要で、だからこそ、アイデアの数がどれだけあるか、が肝になる。身近な生活の中でアイデアをどれだけ多く出せるかがポイントになり、そのためにアイデアを出す「技」があり、「ツール」がある。
- アイデアの思考アプローチ[発散と収束]： アイデアを出すアプローチとして、「広げる」という発散型の思考プロセス、「まとめる」という収束型の思考プロセスの二つがある。広げ方とまとめ方によってアイデアの価値が決まってくる。発散型思考には、最も身近なブレインストーミングの他にオズボーンのチェックリストやマンダラートなどもある。広がりをとことん追求して多面性、多様性、多用性、潜在的ニーズを掘り起こすことができる。発散の後には「まとめる」という段階が必要で、これが収束型思考になる。収束型思考には、文化人類学者の川喜田二郎が開発したKJ法、ランキングによる重要度チェック法、ストーリーにする5W1H法、など色々なまとめ方がある。いずれも発散した後にアイデアの質や重要度を探求し、独自性、挑戦性、実現性などのフィルターをかけるとともに、潜在ニーズに気付かせる仕掛けになる。
- アイデアの思考アプローチ[Inside-out/Outside-in]： 過去の経験から現状を見て新製品・新サービスのアイデアを出す方法が Inside-out の考え方で、特に現状の問題点の改善に有効。逆に何かの兆しから将来を予測して未来の新製品・新サービスのアイデアを出す方法が Outside-in の考え方で、戦略的な発想になる。双方にメリット・デメリットがある。Inside-out は、普通の発想法なのでアイデアが出し易いし、過去の経験に基づくためリスクも少ないが、やはり想定内のアイデアが多くなる。逆に Outside-in は、将来の予測からのアプローチなので従来の発想からは出てこないアイデアが多く、他社も予想し難いため差別性が期待できるが、実

現するか不確実性が高くなる。ただ、将来の予測は様々な研究や調査を踏まえた上で考えることが多く、不確実重要である。

- 発散思考の発想法[ブレインストーミング]: アメリカの実業家オズボーンが考案したブレインストーミングは、次の4つの単純なルールのみ。①批判厳禁。他人のアイデアを批判・批評してはいけない。それは・・・とか、それはないだろう、という言葉は厳禁。②自由奔放。突拍子もないアイデアも歓迎。実現性とかに関係なく何でもあり。③質より量。アイデアの質・内容は一切不問。④便乗歓迎。他人のアイデアに乗ったアイデアを歓迎。それなら、こんなアイデアもある、と広がっていく。
- 発散思考の発想法[オズボーンのチェックリスト]: ブレインストーミングでアイデアが出てこなくなって行き詰まってしまった時に、このような切口で考えてみたらどうか、という発想法のツールで、ブレインストーミングの考案者オズボーンが、「転用・拡大・再利用・応用・縮小・逆転・変更・代用・結合」という9つのキーワードでまとめた。例えば、今、手に持っている「い・ろ・は・す天然水」をオズボーンのチェックリストに当てはめてみよう。最初の「転用」では、凍らせて「冷やす」機能として使えないだろうか。「拡大」では、単純に大きくして2リットルのボトルや18リットルの一斗缶にして新商品にしたらどうか。「再利用」では、ボトルのリサイクル率を100%まで向上できないか。「応用」では、他に似たものをもってこれないか、何かの真似はできないか。「縮小」では、180リットルのボトルに小さくできないか、軽くできないか、短くできないか、氷にして売ろうか。「逆転」では、ひっくり返して点滴みたいにして使えないか、ブランド名を「す・は・ろ・い」に逆転して新ブランドを作ったらどうか。実際、「東京 Tokyo」を逆にした「Oykot オイコット」という飲み屋が本巢にある。「変更」では、意味や色や働きを変えたらどうだろうか、「い・ろ・は・す」のオレンジ、レモンのフレーバーが既にあるが、コーヒーもどうか、今なら季節に合わせてシタケの香りもどうか、定期購入による配達サービスを展開したらどうか。「代用」では、「い・ろ・は・す」から別の商品を作れないか、例えば中味をアルコールに変えてコロナ対策用アルコール消毒液のブランドを作ってみたらどうか。最後のキーワード「結合」では、組み合わせてみたら何かできないか、例えば「い・ろ・は・す」とコカコーラを組み合わせると何かできないか、最近コカコーラは酒を出したが酒のベースに「い・ろ・は・す」の水を使えないか、「い・ろ・は・す」の水を使ったカレーもできるかもしれない。伊勢神宮の杉から抽出したオイルと結合して杉の香りがする「い・ろ・は・す」はできないか。以上のように考えるだけで「い・ろ・は・す」という一つの商品から9~10個のアイデアが湧いてくる。
- 発散思考の発想法[マンダラート]: オズボーンのチェックリストと同じような発想法のツール。9個のマスキで仕切られた用紙を9枚用意して、その1枚の真ん中のマスキに設定した検討テーマを記入する。今の例では「い・ろ・は・す」を入れて、「い・ろ・は・す」に係るキーワードをリストアップして周辺のマスキ8個を埋めていく。どんな連想か?などあまり深く考えず(議論せず)、とにかく頭に浮かんだキーワードを埋めていくことに専念する(8マスすべてを埋めるまでやめない)。その8個のキーワードを別のマスキ用紙8枚の真ん中に各々記入する。つまり、真ん中のマスキにキーワードが記入された用紙が8枚できる。この8枚の各々のキーワードについてアイデアを発想する。つまり、一つのキーワードに対して8個のアイデア、合計で8個x8枚=64個のアイデアが強制的に出される。
- Design Thinking デザイン思考: 戦略開発、商品開発、サービス開発において、この10年ほど注目されている方法で、日本でも5年程前から導入されて種々の商品開発のベースになっている。このデザイン思考は、アップルが最初にパソコンを世に出した時にマウスを開発したアメリカのIDEO(アイデオ)社によって提唱された手法で、Human Centered Design という考え方がテーマになっている。その商品開発、アイデア開発のステップは、Understand から始まって、Observe(観察)して Synthesize して Visualize(可視化)して Realize(実現化)して Evaluate(評価)して Refine(改良)して最後に商品として Implement する。この一連の流れの中で Observe(観察)の部分は、(技術開発の場合は実験になる)お客さんの視点に立って、つまり Human Centered の視点で、利用頻度の低い方と高い方の両エクストリームユーザーの反応を中心に観察を繰り返す。例えば、車の場合、「車はいやだ、嫌いだ」「乗りたくない」というユーザーもいれば、車が大好きで遠出して走るまくっているユーザーもいる。このような両極端ユーザーの考え方やバックグラウンドをヒアリングしたり、行動観察したりすることによって正しい提案ができる、という考え方であり、エクストリームユーザーの観察が非常に重要になる。同じようにスタンフォード大学のデザインスクール「d-school」も、Empathize(共感、ユーザーの理解)から始まって、問題提起してアイデアを出してプロトタイプを作ってテストする、という一連の流れになっている。最初の Empathize(共感、ユーザーの理解)が、IDEO社の Observe(観察)とよく似



ている。お客がどのような商品をどのように使っているか、を見なければならぬ。そこから全てが出てくる。また、自分の日々の生活の中で絶えず問題意識を持つことも重要になる。

- その他の発想法：以上の他に様々な発想法のツールが次のように列挙される。ブレインライティング、希望点列挙法、欠点列挙法、シックスハット法、PMI法、SCAMPER法、エクスカージョン、TRIZ法、等価交換法、PREP法、ゴードン法、セブクロ法、マインドマップ、逆設定法、特性列挙法、リフレーミング、アンチプロブレム、KJ法、ロジックツリーなど。アイデアの発想法に悩んだ時、まとめ方に悩んだ時には、このようなツールも試してみるとよい。

### 事例演習

- 聴講者全員が参加するオンラインワークショップの型式で事例演習が試みられた。最初のテーマは、「鉛筆を、より多く販売するには」。実現性、市場性、具体性、可能性などを度外視して、とにかくアイデアの数を出すことが勧められ、発想法としてブレインストーミングのルールやオズボーンのチェックリストを意識しながら、マンダラートシートを完成していく。その結果、下記のようなマンダラシートが完成された。

テーマ：「鉛筆」を、より多く販売するには。

Inside-Out  
Liner Casting

①批判厳禁 (他人のアイデアを批判・批評してはいけない)

②自由奔放 (突拍子もないアイデアもあり)

③質より量 (アイデアの質・内容は一切不問)

④便乗歓迎 (他人のアイデアに乗ったアイデアを歓迎する)

Outside-In  
Back Casting

■転用 Other uses

他に使えないか？  
転用・使えないか？  
他の場へ適用できないか？

■拡大 Magnify

拡大できないか？  
増大・増強・増幅  
大きく、長く、速く、激しく、激増  
で伸ばすか？

■再利用 Rearrange

入れ替えてみるか？  
アレンジしなおすか？  
順番・成分・量・順番、順番  
入れ替えてみるか？

■応用 Adapt

他用途のものはないか？  
他用途のものはないか？  
別の用途にできないか？

■縮小 Minify

縮小できないか？  
縮小・縮減・縮小  
小さく、軽く、速く、簡単、  
分割できないか？

■逆転 Reverse

逆転できないか？  
逆転・逆転  
逆転・逆転、逆転、上下  
逆転、逆転でできるか？

■変更 Modify

変えたい部分はないか？  
変えたい部分はないか？  
変えたい部分はないか？  
変えたい部分はないか？

■代替 Substitute

別の材料で代用できないか？  
別の材料で代用できないか？  
別の材料で代用できないか？

■結合 Combine

別の材料で代用できないか？  
別の材料で代用できないか？  
別の材料で代用できないか？

目盛りを入れて定規に	短い鉛筆	長い鉛筆	レゴみたいにひっつけられる形がつけられる	四角形	2本重ねて水準器に	お線香鉛筆	芯を風燭にする	ストローに
着にする	同じ長さ	パズルのパーツ	五稜郭鉛筆	六角形	六色のレインボーカラーの鉛筆	芯だけを入れ替えられる	芯あり	レンズで小さい望遠鏡に
どの長さにも簡単に折れる	定期券サイズ	長さが変わる	規格統一でドライバーにする	分度器になる	プリズムに	太さが変えられる	二色以上	どんだん色が変わっていく変化する
会社やイベントの記念品	ご当地鉛筆	子どもの誕生記念	同じ長さ	六角形	芯あり	液体に漬けると削れる	彫刻入門用	刃物ナシで削れる
おみくじになる	表面に印字ができる	カンニングパー	表面に印字ができる	鉛筆	削れる材質	五平餅の芯が鉛筆	削れる材質	美濃和紙でできた鉛筆
お守りにする	御朱印鉛筆	ダム鉛筆	どんなデザインも表面に印刷可能	サイコロ	表面が張替可能	削り粉が食べられる	削ると香りが変わる	自分の手に合わせた形に削れる
写真を印刷	キャラクター印刷子ども向け	技術士会オリジナル鉛筆	占い	おみくじ	削ると顔が出てくる	手鏡鉛筆	LEDで懐中電灯	チームで色を変えて一体感
体温計印刷	どんなデザインも表面に印刷可能	匂いが出る	今日のキーワード	サイコロ	賭博用鉛筆	ツボマッサージ	表面が張替可能	GPSでトラッキングして老人向けに
QRコードの印刷 万歩計	電子回路を印刷して、生体認証・健康観察	お香鉛筆	複数本での占い	恐怖鉛筆	距離の正確性を競う種目に	太陽電池	発光塗料で安全用に	光触媒コーティング

- 次いで、「魅(ふ)を使った新製品や新サービス」および「石焼き芋の人気をアップする方法」をテーマにして、同様な手順によってマンダラシートが作成された。
- この事例演習で試したように、ブレインストーミングのルールをきちんと守って、色々な視点の切口を使うと色々なアイデアが湧いてくる。そして、アイデアが途切れた時でも、オズボーンのチェックリストやマンダラシートなどのツールを活用すれば、更にアイデアが出せる。このような発想法は脳の活性化に繋がって老化防止にも役立つ。

### 参考 ~製品・サービス開発の7つの切り口~

- 新製品・新サービスを開発するに際して、次のような7つの切り口で考えるとよい。①新規顧客の開拓 ②商圏の拡大 ③独自性の発揮 ④明確なコンセプト ⑤お客様の満足向上 ⑥見える化 ⑦他社と連携。最近では、これら7つの切り口に「IT」の活用が絡んでくる。

- 新規顧客の開拓： 現在の商品/サービス・対象エリアで、まだ取り残している新しいお客様はいませんか？ 平日の女性向け料理教室だけのビジネスに、週末の男性向け料理教室を加えたらどうか。同じサービス、同じ製品、同じ商圈の中に、お客になる人が未だ残っているのではないか、という切り口。
- 商圈の拡大： いままでとは違うエリア・場所に、いままでと同じようなお客様は、いませんか？ 自動車部品メーカー向けのネジを作っているのなら、航空機部品メーカー向けのネジも作ったらどうか。これまでと違う分野・場所に、同じようなお客がいるのではないか。
- 独自性の発揮： 他社/他店にはない、自社/自店の特徴をお打ち出していきませんか？ 安さが売りの酒販店に対して、地域の酒造ブランドが全てそろう酒販店はどうか。飛騨高山では、醸造元と組んだ酒販店が多く、そこでは酒の種類が限定されるが、地元の酒が全てそろう酒販店は数店しかない。
- 明確なコンセプト： 現在の商品/サービスを、お客様の心が動くような価値として見直せませんか？ 岐阜の書道教室は、自由に書を楽しんで創造性を育む教室を新たに加えたが、そのターゲットは若い母親。これは、母親が創造性を育む芸術的な活動をする、その子供まで創造性が豊かになる、という切り口。
- お客様の満足向上： 現在の製品/サービスの延長上にあるお客様 の悩み/不満を、解決できませんか？ ヘアサロンで髪を切ることは女性にとって美しくなりたいことなので、そこにヘッドスパやネイルなどの美しさを提案するサービスがあってもいいのではないか。ホームセンターにドリルを買いに来たお客が本当に欲しいものはドリルではなく、ドリルであけた穴なので、穴あけサービスがあってもいいのではないか。
- 見える化： 現在の製品/サービスの良さを、もっとわかりやすく、もっと多くの人に伝えられませんか？ フィットネスクラブは、パーソナルプログラムよりも女性専用スペースで 30 分トレーニングのような見せ方、分かり易さでサービスをアピールした方がよいのではないか。
- 他社と連携： 自社/自店だけでなく、他社とのつながりで、新しい商品/サービスがつかれないか？ 家具屋のショールームを撮影スタジオに貸してもよいのでは。貸し会議室はどうか。どこかと組むことによって新しい商品や新しいサービスが生まれるチャンスがある。ここだからこそ、こんなこともできる、という切り口もある。
- 以上の7つの切り口に対するチェックリストの一覧があるので、是非、参考にさせていただきたい。

## Q & A

Q : Design Thinking の手法で開発された事例はありますか？

A : IDEO の製品自体がその手法で開発されたものです。ある化粧品会社は、実際にヘビーユーザーの家に伺って、化粧台に何が置かれているのか、どのような使い方をしているのか、風呂で洗うのは頭が先か、体が先か、まで密着して観察を行っている。ある自動車メーカーは、車嫌いの人にインタビューして車嫌いの背景に家族の交通事故死があることを知り、事故のない車の開発の重要性が認識された。通常のアンケートだけでは、このような背景の理由が判らない。このような詳細観察が実際に製品開発やサービス開発に結びつく場合もある。参考までに、日経BP社から Design Thinking に関する本が出版されている。

## 岐阜県支部例会 連絡事項など 安田支部長

- ・支部会員以外の聴講者の便宜を図って、今回から講演会の後に例会を開催する。
- ・前回、9月講演会のアンケート結果について、「有料ウェブ講演会のズーム利用と支払い方法は良かった」との評価があったが、一部で支払い方法の混乱があったため改善が必要。会員講演、来賓講演ともに好評。今後の講演テーマの要望にSDGsがあったが、来年の計画に入れることを考えている。
- ・今後の講演計画は、会員講演は来年5月と7月が、来賓講演は来年5月が各々未定になっているため、自薦、他薦を問わず講師を推薦していただきたい。 **9 : 5 1**
- ・中部本部の行事：12月5日（土）「ウィンクあいち」において午前に役員会、午後は冬季講演会
- ・技術士制度の見直し状況について、文科省の専門部会と技術士会でCPD制度の法制化を検討中。新しいCPDガイドラインが来年1月に公表される予定。
- ・中部産業連盟から「経験値活用型サポート人材確保事業」の人材登録の紹介がきている。技術士の活躍の場となりそう。問い合わせ先は中部産業連盟・人材サービス事業部(052-931-3189)。
- ・会報について（高木幹事）：10月27日付の第19号まで配信済み。興味深い内容ばかりで好評を得ている。

11月17日の第21号が最後になるが、未だ続けたいので発表したい方は高木まで連絡を。

- ・「東海学生 AWARD 2020」（野田幹事が世話役）について学生がプレゼン。東海地域の大学生が100人の聴衆の前で自分の夢や志を熱く語って競い合う。11月8日（日）にオンラインで本大会開催。賞金総額170万円。来年から技術士会からも審査員を1名出すことをお願いしようと思っている。（野田幹事）

#### ウェブ懇親会

今回は中止。

#### 次回の講演会

1月9日（土） 場所 ウェブ講演会（Zoom）

会員講演：丸栄コンクリート工業（株）河村 栄一 氏（建設部門）  
「コンクリート製品の設計・施工」

来賓講演：岐阜大学 社会基盤工学科 准教授 木下 幸治 氏  
「寛解技術を用いた維持管理を目指してー考え方と試験施工・研究事例紹介ー、アフリカに思いを馳せてーはるか遠い国ではないザンビアでのプロジェクト紹介ー」

以上