

## 神様からの宿題

田中 徹



「バイオ系のキャリアデザイン」に原稿を、というお話をいただきましたが、実は2度お断りしました。バイオ系の出身者でもありませんし、積極的にキャリアを選んできたわけでもありません。木野会長に再度依頼され重い筆を執ることにしましたが、ベンチャー経営なんて実際は苦勞の連続、よい子は決してまねしないように！

### 子供～青春

小学生の頃、将来はドリトル先生のような博物学者になりたいと思っていました。大学は岡山大学（以下、岡大）理学部の化学科を選びました。3年生になり、研究室選びが始まります。自分で醸したどぶろくを引っ提げて各研究室を訪問し、第六高等学校時代のバンカラ気質が残る西村範生教授の物理化学研究室を選びました。研究室での生活はまさにパラダイス、アゾベンゼンの光異性化の反応機構を高圧科学で解き明かすテーマに没頭し、4年生の時にこっそり初めた実験が第一著者として『JCS (Journal of the Chemical Society)』に掲載されたのを皮切りに、修士修了時までに論文を4報出せました。何となく、大学に残って研究者として生きることができないかなあと思い、西村先生に打診しましたところ、「理学部の物理化学などは“虚学”である。キャベンディッシュを見てみる、将来死んだ後には何か役に立つかもしれぬが、当面は金持ちの道楽にすぎぬ。おまえは実学の世界で人に役立つことを目指せ。」と激励いただきました。

調べてみると、多くの科学者や芸術家は天才であるだけでなく、自身が大金持ちかパトロンにいる人でした。大好きだったドリトル先生という名がDo little、つまり役立たずから来ているのを知ったのもこのときでした。

このようにして、私が小学生から憧れていた博物学者の道は閉ざされたわけですが、人の役に立つ仕事、良いじゃないか、と吹っ切れた気持ちになったのを良く覚えています。

### 就職とその後の騒動

西村教授に「民間に就職し、人に役立つ仕事を目指すが、可能なら学術的な雰囲気のある所に行きたい」と就職先の紹介をお願いしたところ、卒業生が多く、就職後社会人で学位を得ている人も多いと言うことで丸善石油を勧められ、無事内定をいただきました。ところがその後、大協石油との合併が決まり、コスモ石油の一期生となりました。コスモ石油中央研究所に配属となり、岡大の先輩に挨拶に行こうとしたところ、皆さんコスモ石油には合流せず、丸善石油化学に移られていました。

私の配属はプロセスグループで、製油所のミニチュアで交代勤務につき、開発触媒の評価を経験しました。重油の水素化による直接脱硫なのですが、すべて1次反応で近似して評価しており、少なくとも2次反応で近似すべきではないかと生意気な提案もしました。忘年会で山崎課長に、「研究所なのにサイエンスがない」とかみついたところ、平然と「そうだ、これはサイエンスじゃない、アートだ！」と言い放たれ唾然としました。恐る恐るアートとはどういう意味か問いましたところ、即座に「アートとは土方（どかた）だ！」と言われました。後年、部下に同じことを言う羽目になろうとは、この時は知るよしもありませんでした。

サイエンスはないけれど10年ぶりの新人としてかわいがられ、楽しい部署でした。ですが、合併後のリストラで重苦しい雰囲気もありました。先輩が辞めさせられていく中、何のために採用されたのだらうと深く悩みました。ちょうどその頃、余剰人員を活用するためにコスモ開発が立ち上げられ、新規事業を立ち上げることになりました。「そうか、私はこのためにここに来たのだ」とすぐさま異動を申し出ましたが、先輩方は大反対、石油本業にいれば将来必ず偉くなれる、いらぬことを言うな、そこは墓場だ、と昼に夜にアドバイスをいただきました。が、若いというのは素敵なのでもう耳に入り

ません。

さて、新規事業をやるといっても我が社の強みは何だろう、サイエンスはないし、将来燃料油の需要は減るに違いない。そこで私が出したコスモ石油の強みは、危険な巨大装置を連続して運転できる点と海に面した製油所の立地でした。また当時、バイオ技術の萌芽期にありましたが、バイオ企業で危険物を大量にハンドリングできる企業はまれでした。当時、upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) や高温メタン菌などが注目されていた高速メタン発酵を製油所で運営してはどうかと思いつきました。生成物である可燃性ガスの取り扱いはお手の物ですし、当時は大量の有機廃棄物が海洋投棄されていました。また、近隣の公的な下水処理場から大量に発生する余剰汚泥も原料として有望だと思いました。さらに私が興味を持ったのは、メタン発酵が吸熱反応だということです。メタン発酵は発生したガスが系外に逃げることでエントロピーが増大するため、 $\Delta G$ はマイナスですが $\Delta H$ がプラスなので、周辺の熱を奪い温度が下がって反応速度が低下するのです。製油所には、捨てている低温廃熱が大量に存在します。この捨てている熱を可燃性ガスとして回収できるということで、バイオケミカルヒートポンプなる造語をでっち上げ、提案したレポートが注目されたことで、高速メタン発酵で有名な広島大学（以下、広大）の永井史郎先生の研究室に内地留学できることになりました。

生物はまったくの素人だったので最初は苦労しましたが、勉強だけでなく嫌気性細菌を扱わせてもらい、充実した生活でした。永井研には、たくさんの企業から派遣研究者や海外からの留学生が来ており、刺激に満ちていました。

永井研で最新のメタン発酵を学び、先のシミュレーションを検証しましたが、エネルギー収支が正しいことがわかり高速化も十分可能であることがわかりました。一つ残った問題はメタン発酵だけではbiochemical oxygen demand (BOD) が十分に下がらず、後段の処理が必要なことでした。この後段処理で重要な残存プロピオン酸を、光合成細菌を用いて処理する研究をされていた故佐々木健先生に出会いました。

### 佐々木先生とALAとの出会い

佐々木先生は永井研で学位を取られ、当時広島電気大の助教授で、永井研とも共同研究をされていたので親しくさせていただきました。佐々木先生の発想はユニークで、メタン発酵後の廃液には貴重な窒素やリン、ミネラ

ルが残っているので、BODだけ下げて農地に戻すべきだ、そのためには農業に有用な物質生産をしなくてはならない、というものでした。折しも、イリノイ大学のRebeiz教授が5-アミノレブリン酸 (5-ALA) が光要求性の除草剤として使えるという発表をし、当時、中毒死が問題になっていた除草剤パラコートに代わる安全な天然除草剤として注目されていました。そのような中、佐々木先生は、光合成細菌を用いてメタン発酵廃液から5-ALAを作る研究を始められたところでした。先生の気さくなお人柄に惚れ込んだこともあり、上司を説得して、このあと佐々木先生との共同研究の長い歴史が始まります。

### 広大から研究所に帰る

2年間の予定で永井研に派遣されていたのですが、1年たったときに、バイオ関連で石油産業活性化センターの補助金をもらうことになったので研究所に帰ってこいと連絡がありました。バイオ系の言葉にもやっと慣れ始めたところで、メタンを運ぶメチルコバラミン生合成の出発物質の5-ALAにたどり着いたばかりでした。しかし命令は絶対です。広大との共同研究を続ける約束をもらい研究所に帰りました。その補助金研究というのは、石油成分を微生物変換で有用物質にするというもので、化学酸化では難しい芳香族のアルカンの末端酸化を行うことでした。

さて、メタン発酵ですが、広大で勉強して文献に裏打ちされた提案書を携え、上司と本社に提案に向かいましたが、あえなく棄却。理由は、誇りある我々に廃棄物処理をやれというのか、というものでした。諦め切れなくて労働組合にも相談しましたが同じ理由で反対とのことでした。ずいぶん落ち込みましたが、もうどうしようもありません。まずは物質生産で実績を上げようという上司の言葉に力なく頷くしかありませんでした。

### 自主研究開始から本研究に

研究所に帰り、バイオの研究室を立ち上げますが、あてがわれた部屋は倉庫でした。置かれている備品を見てびっくり！発酵関係の培養器やフェーメンターが埃をかぶっていたのです。丸善石油もその昔、石油タンパクに参入して撤退した歴史があったのです。その古い装置を修繕することで少ない予算で研究室の立ち上げができました。

さて、国の補助金を頂いた石油の微生物変換ですが、競争もあり、かなり活気はありましたが、その一方で広

大との研究も続けたいと思いましたが、当時のコスモ石油には、労働時間の5%は新しいシーズの探索研究を自由に行っているという自主研究という制度があり、私は5-ALAの発酵生産を提案して採用されました。

5-ALAの試薬を購入してRebeizの追試をしますと、確かに植物はよく枯れます。佐々木先生との光合成細菌を用いた5-ALA生産の共同研究もスタートできましたが、メタン発酵は御法度ですから使用するのは合成培地です。培地を滅菌し、光合成細菌を接種し、光を当てて培養し、ALAD阻害剤を添加すると、ちゃんと5-ALAが生産できました。さあ、スケールアップです。期末に予算が余っていたということで、例外的に、自習研究ながら発酵槽に予算が付きまして、下部から光を照射するタイプです。ところがなんと5-ALAがまったく生産できない！色々検討していくうちに、植物の5-ALA合成は触媒量の光で良いが、光合成細菌は光エネルギー依存で5-ALAを作っていることがわかりました。ただ、限りなく薄い光リアクターが必要で、生産量に限界が出てしまいます。しかも、なぜか5-ALAの生産量が増えてくと菌が溶けてくるのです。この現象が、がんの光動力学的治療（PDT）に関係しているのを知るのはずっと後のことです。

当時は産総研を中心に光合成微生物が流行っていたので、先生方や会社の上層部はリアクターの工夫で何とかなるだろうと比較的に楽観的な態度でしたが、私は光培養では工業的に5-ALAが作れない危機的な状況だと感じました。広大での経験では、光合成細菌ではなく、従属栄養細菌も、量は低いけど5-ALAを作ります。幸いなことに光合成細菌も光照射がないと5-ALAは作りませんが、従属栄養でも生育はします。従属栄養で5-ALAを作る変異株がとれるのではないかと、突飛な話なので当たりをつけてからでないと上層部に提案できません。

光リアクターを開発しつつ、再度極秘研究を開始しました。5-ALA要求性大腸菌の重層寒天で菌体外に5-ALAを出す菌を選抜するなど選抜方法には工夫を凝らしましたが、変異株取りは力業です。垂直に3代変異をかけたあたりでいけると確信し、方針変換を提案し了承されました。文書にすれば簡単ですが、エイリッヒ反応で選抜をしていて、アーチファクトを拾っていて、全株TLCで選抜し直したなどヒヤヒヤものでしたが、次第に生産量は上がり、光時代を超えるようになりました。当時、コスモ初のバイオ系の博士課程修了者を採用したのですが、情け容赦なく変異株取りに投入し「もうだめです、たこ焼きを焼く夢を見るんです」（変異株を滅菌爪楊枝

で移植するため）と訴えられたのも今となっては懐かしい思い出です。彼に「こんなのサイエンスじゃない！」と言われて返した言葉が「そうや、これはアートじゃ！」

力業で10万株以上を選抜したことになりますが、垂直7段の変異をかけ、光照射なく従属栄養条件下で5-ALAを生産する変異株の取得に成功しました。1999年に本学会で技術賞<sup>1)</sup>を頂くほどの技術に育ち、生産した5-ALAは用途研究活性化のために関連会社のコスモバイオから研究用試薬として従来の1/10の価格で発売してもらいました。

### 除草剤から生長促進剤へ

生産研究の進行に合わせて、用途開発の検討を開始しました。除草剤の論文があるので簡単だろうと思っていましたがとんでもない苦勞が待っていました。除草剤試験を植物化学調節剤研究所の故鴨居道明先生にお願いしたのですが、精製した5-ALAだとよく枯れるのですが、発酵液そのままだと、同じ濃度で枯れないどころか逆に生長が促進されてしまうというのです。一体何が起きているのか想像もできません。鴨居先生に紹介され、先生の古巣である宇都宮大学雑草防除センターの近内教授、竹内教授を訪ねました。すると、「田中君、そんな濃い濃度だと塩を撒いても植物は枯れますよ。それより、ALAはクロロフィルの前駆体でしょ。生長が促進されてもおかしくありませんよ。」と。ガーン！今まで私は何を勉強してきたのでしょうか、化合物での理解に止まり代謝に理解が至っていない！

一から出直しとなったのですが、生産研究をしながらですから宇都宮大に毎日通うことはできません。出張として火曜日、プラス自主的に土曜日、学生さんに助けてもらいながらですがとにかく時間がないので必死でした。炎天下の温室での作業はきつく、ついに熱中症で倒れてしまいました。当時三井石油化学から派遣されていた、故倉持仁志先生に「炎天下の温室で作業をする馬鹿がいるか！」と、こっぴどと叱られました。その後、倉持先生と5-ALAに耐塩性向上効果があることを見いだし、これが沙漠の緑化検討につながるようになります。

苦勞はしましたが、宇都宮大学で5-ALAの光合成促進効果、作物の増収効果を見いだし、特許出願すると同時に、生まれたばかりの私の子供達に「緑」と「実」と名付けたのももう25年以上前のことになりました。そして、肥料として世に出すにはさらなる苦勞が待っていました。

## 蜂アレルギーで獨協大学に入院

農作業をしているとどうしても蜂に刺される機会が増えるのですが、とうとうアナフィラキシーショックで病院に担ぎ込まれてしまいました。次に刺されると命に関わると言われたので、獨協大学に40日間入院して急速減感作治療を受けました。入院治療とはいえ1日に4回注射を受ける以外は暇ですので、病棟を抜けだし医学部の図書館に潜り込んでいました。見るともなく論文をめぐっておりますと、『Lancet』に咽喉がん患者に5-ALAを経口投与すると、がんだけにポルフィリンが蓄積するとはありませんか。皮膚がん塗布する試験は知っていましたが、経口投与でがん選択的に!?興奮してむさぼるようにして読んでいるうちに、病棟に帰るのが遅れ病棟は大騒ぎ、こっぴどくしられました。看護師さんに見張られていたので大学の図書館には行けなくなりましたが、会社からの見舞客に論文を持ってきてもらい徹底的に勉強しました。なにゆえ経口投与でがん細胞だけにポルフィリンが溜まるのか。どうもがんには、ワールブルグ効果と言う代謝異常でミトコンドリアの機能が抑えられ5-ALAからヘムへの代謝ができず前段のポルフィリンが溜まるらしい。

農業と平行して医薬品への興味が生まれた瞬間ですが、まさか医薬開発のためコスモを辞めてベンチャーを興す羽目になるとは、この頃は夢にも思っていませんでした。

## 肥料の開発とイタリアの丘

5-ALAの植物生長促進効果を最初は農薬(植調剤)として開発しようと色々な会社と検討しましたが、どうにも安全性試験などへの投資額が大きく、採算が合わないということになりました。しかし、5-ALAはアミノ酸ですし、世の中にはアミノ酸入り肥料というカテゴリーがあります。色々な会社と話を進めるうちに、施設園芸に強い株式会社誠和と肥料を開発することになりました。蜂アレルギーの治療に月に一度獨協大学に行きますので、その帰り道に定期的打合せをしていました。至適の配合を見いだす地道な作業が続く、肥料登録でも新規の肥料とのことで随分苦勞をしましたが、ついには世界初の5-ALA配合肥料「ペンタキープ」の上市にこぎ着けました。この時、私も5-ALAの事業化に携わるため研究所を離れ本社に移動しました。同時に、誠和との共同出資のコスモ誠和アグリカルチャを立ち上げました。研究所とはまったく勝手が違いますが、ビジネス界

の刺激的な生活が始まりました。

誠和側が主に国内の営業を担当し、私も営業に同行しました。最先端の施設園芸では積極的に検討、採用いただけました。ペンタキープを使うと、葉が肉厚でコンパクトになり温室が明るくなるのですぐに効果が実感できます。コスモ側は主に海外の営業を担当し、私も技術営業で海外に足繁く通い、まず施設園芸先進国のオランダで高い評価を頂きました。オランダの農業は半ば工業化されており、コンピュータで環境制御され、培地はもちろん、温度、補光、炭酸ガス施肥まで完璧です。100点満点とも言えるこの条件でペンタキープは収量をさらに約7%増加させます。ワーゲニンゲン大学の先生方も大変驚かれ、5-ALAとマグネシウムで生成するクロロフィルの効果だけでなく、5-ALAと鉄で代謝されるヘムによる光合成システムの電子伝達系活性向上が寄与しているのではないかと言うことになりました。ちなみに、狙ったわけではないのですが、網羅的な試験の結果、ペンタキープにはDTPA鉄を配合してあります。

色々な国を訪問しましたが、イタリアでの光景には驚きました。ペンタキープに効果がある自信はありましたが、圃場に出るとその差歴然、処理区は緑色が極端に濃く乾燥重量は無処理区の3倍近くありました。現地の専門家に伺うと、この地域はアルカリ土壌で、鉄が不溶化し鉄不足の障害が起こること、ペンタキープには5-ALAも鉄も配合されていますから、ヘム合成が促進され光合成電子伝達系が活性化されるため、アルカリ土壌では卓効を示す訳です。Zスキームとも呼ばれる光合成の電子伝達系ですが、ミトコンドリアの電子伝達系とそっくりです。5-ALAと鉄を投与すればヒトのミトコンドリアの活性を向上させ、色々な疾病を治すことができるのではないかと?石灰石の白いイタリアの丘に立ち、緑輝くペンタキープ処理区を見ながらヒトへの応用に興味が芽生えた瞬間でした。

## まさかのコスモ退社、ベンチャー設立へ

沙漠地帯はアルカリ土壌が多く、また、降雨量も少なく塩類が集積しています。ペンタキープは沙漠緑化に卓効を示し、コスモ石油の環境活動との相性も良くTVコマーシャルにもなりました。沙漠学会の先生方にも色々教えていただき、ハンガリーのムラニ教授と水利用効率向上の研究に成功、論文も出ました。充実する一方で、アルカリ土壌での卓効を見るにつれ、ヒトへの応用研究への興味が募ります。ヘム代謝に詳しい先生の集まりであるポルフィリン研究会の門をたたきます。そこで知っ

たのは、5-ALAはどちらかと言うと毒性物質として理解されているという驚愕の事実でした。遺伝病であるポルフィリン症や重金属中毒の診断に血中の5-ALA濃度が使われており、血中の5-ALA高値が症状を誘引しているのではと言うのです。私からすると、すべての病態はヘム不足で説明でき、5-ALA不足でも同様の病態が生ずると推定されます。また、過剰投与で病態は再現できません。

もう一つ決定的なことが起きます。当時岩見沢市民病院脳外科の金子貞男医長にお声かけいただき、病院を訪問しました。5-ALAの脳腫瘍手術での有用性を熱く語っていただいたあと、こっち側に来いと言われてデスクの先生の後ろに立ちますと、先生は引き出しを開けられ、一面に整然と並べられたコスモバイオの5-ALA試薬の空き瓶を示されました。「これだけの数の患者さんがこの試薬の福音を受けているのです。早く医薬品にしてください。」

会社に帰り、上層部に提案しましたが、医薬品進出に対するリスクを恐れて否定的な話ばかりです。本社に移りグローバルな仕事に携わってからの相棒である河田聡史さんとひとしきり動きましたが壁は厚く、社外に出てやるしかないと言う結論に至りました。

入社時の先輩の予言通り、新規事業に飛び出した私の社内での出世は遅かったのですが、研究業績は認められ、リサーチフェローに任命されたばかりだったのですが、特権であるらしい新幹線のグリーン車を経験することもなく退社し、ベンチャーを興すことになりました。このあたりからのことは、さすがにまだ思い出話のように書けないので軽く流すことにしますが、よい子がまねをしないように、私の個人的な逸話の一つ。コスモを辞めたことを家内に話ができずしばらく黙っていました。ある日家を出て駅に向かっていきますと後ろに人の気配が……。気づかぬふりをしましたが、私がかちゃんと会社に行っているか家内が心配してつけてきていたようです。その夜、「お父さん会社辞めたんでしょ！」「いや、仕事は辞めてない(5-ALAは辞めてない)」「だったらなんで保険証が変わるの？」「色々あるんじゃ」……

できたてのベンチャーは信用がなく、親会社の与信をもらわないとゴミ箱一つ買えません。今まで散々文句言っていましたが大きい会社で楽させてもらっていたのですね。

さて、夢しかない貧乏ベンチャーですが、梁山泊よろしく、5-ALAに興味を持つ多士済済なメンバーが集まります。設立年度内に5-ALA配合のハンドクリーム「は

たらくて」を販売、洗車作業による手荒れに悩むサービスステーションの従業員に好評でコスモ石油販売にまとめ買ってもらえました。研究面では農業分野からの推論は的中し、5-ALA単独では効果がない、もしくは光障害が起こるのですが、5-ALAと鉄の同時投与でミトコンドリアの活性化に基づく効果がどんどん発見されます。次々と特許を出願する一方で、食品の5-ALA含量を女子栄養大と調査し食経験があることを証明、またその一方で、酒粕から抽出した5-ALAを配合したドリンクを販売し食としての実績を作ります。発酵品との同等性試験をクリアしたうえでバイオマテリアル社と食品薬品区分の確認を申請しました。苦労はしましたが、厚労省より、効果効能を謳わない限り発酵法の5-ALAリン酸塩は食品であるとの確認を頂きました。5-ALA配合(もちろん鉄も)の健康食品はすでに上市され好評ですし、5-ALA配合サプリを用いた介入試験も盛んに行い、論文も10報を超えるに至りました。

医薬分野では、脳腫瘍の診断に関しましては、ドイツmedac社の協力も得てノーベルファーマとの共同開発で2013年に脳腫瘍術中診断薬アラグリオの承認を頂き、やっと金子先生との約束が果たせました。2017年末には高知大学をはじめとした医師主導治験を引き継ぎ、弊社単独で膀胱がんへの適用拡大を果たしました。現在進行中の臨床試験は内外合わせて第3相試験が2本、第2相試験が6本です。がん分野では5-ALAを用いて光照射でがんを治療するPDT、さらには放射線増感への適用への診断から治療への展開が図られていますし、がんだけでなく薬剤耐性菌の殺菌にも応用範囲が広がっています。

小さなお子様の致命的な疾患であるミトコンドリア症(リー脳症)は、平均寿命2.4歳と言われているシビア



な病気で、これに対する医師主導の第3相試験が行われています。劇的な回復を示す患者さんもいらっしゃり、早く医薬品にせねばと焦りますが、当局からはプラセボ比較試験を指示され医薬品であるが故の苦悩を感じています。

ミトコンドリア機能向上は糖の燃焼を増進し糖尿病治療の新しいコンセプトとなります。このことが、糖尿病が国民病である中東の興味を引き、アブダビのネオファーマ社に糖尿とマラリアの開発を導出、現在東欧と東南アジアで第2相試験が進行中です。同社は需要拡大を見越してネオファーマジャパンを設立、三菱グループより袋井の発酵工場を譲り受け5-ALA製造工場に改造中です。

と、文字にするとなんだかっこいいのですが、ベンチャーに移って以降、コスモからもらった退職金はあっという間に使い切り、マイナスの貯金通帳に天を仰ぐ日もありました。何とか子供達の学費は払いきり、2人とも独り立ちしていきましたので、これでよしとしています。あまり勧められる生き方ではないですね。

光合成にしる、呼吸にしる、メタン発酵にせよ、クロロフィルやヘム、メチルコバラミンと言ったテトラピロール化合物が動かしており、5-ALAが生合成のスタート物質で5-ALAの生合成が律速段階です。すべてのエネルギー反応の源泉と言っても過言ではないでしょう。生命誕生の秘密を明かすミラーの実験でも5-ALAは生成が確認されており生命の誕生にも関係しているに違いありません。まさに生命の根源物質であるのに毒物だと

勘違いされてきました。何とか世に出さねばと頑張っておりますが、神様はなんで私なんか5-ALAを託したのだらうと時々不思議に思います。農業にしても医療にしてもプロはたくさんいます。もちろん答えは出ませんが、粛々と神様からの宿題をこなす日々です。

このコラムはキャリアデザインでしたね。いかにも行き当たりばったりの人生ですが、もう少しは残っているのであろう研究者人生をデザインできるとすれば、還暦までに医薬開発を後進に引き継ぎ、残りの人生で農業に再チャレンジしたいなと本気で考えています。日本で子供の死因No.1は脳腫瘍、世界ではマラリア、薬のない子供の難病であるミトコンドリア症、これらには小さな貢献ができそうですが、近い将来たくさんの子供が命の危険に直面するのは食糧不足だと思います。耕作可能地、肥料投下量とも飽和に達しており、残された農産物増産の可能性は乾燥地、あるいはアフリカでしょうか。光合成を活性化し耐塩性をつける5-ALAにできるもっとも根源的な仕事を最後の宿題にできると良いな。

## 文 献

- 1) 上山宏輝ら：生物工学, 78, 48 (2000).

## 参考資料

- ・ポルフィリン-ALA学会編：生機能性アミノ酸5-アミノレブリン酸の科学と医学応用（現代化学増刊45）—がんの診断・治療を中心に—, 東京化学同人 (2015).

<略歴> 1986年 岡山大学理学研究科修了, 1995年 工学博士 (広島大学), 2003年 コスモ石油ALA事業推進センターセンター長, 2008年 コスモ石油リサーチフェロー, 2008年 SBIファーマ取締役執行役員CTO 高知大学客員教授, 慶応大学特任教授, 武蔵野大学客員教授, ポルフィリンALA学会副会長, 日本沙漠学会監事

<趣味> お酒, 家庭菜園, バイク (V-MAX)