



躍動

若手研究者・技術者の取り組みと将来の夢

秋山友宏先生との思い出と 自燃型研究者としての誓い

Remembrance of Professor Tomohiro Akiyama and My Pledge as a Self-sustaining Combustion Type Researcher

能村貴宏

Takahiro Nomura

北海道大学大学院工学研究院附属
エネルギー・マテリアル融合領域研究センター
准教授

筆者は2008年4月の学部4年生時に、北海道大学工学部材料工学科エネルギーメディア変換材料分野 秋山友宏先生の研究室に配属され、修士、博士課程へと進み、学位を取得後、同研究室で博士研究員、特任助教を勤めた後に、2015年11月に同研究室の准教授として着任し、現在に至ります。2019年11月6日、恩師であり当研究室の現役教授であった秋山友宏先生が逝去されました。まだ60歳でした。秋山先生は自分のエネルギー（正しくはエクセルギー）で燃え上がり、周りの人達にも自分のエネルギーを与えることのできる、まさに自燃（じねん）の人でした。先生はその自燃型研究者への道を、生き方そのものをもって示し、導いてくれました。本稿では秋山先生との思い出を振り返り、私はそのかけがえのない教えを今一度噛みしめ、自燃型研究者としての新たな躍動を誓います。また、本稿を読んだ方々に、秋山先生の情熱の炎が伝播すれば、望外の喜びに感じます。



秋山友宏先生

1 秋山先生との遭遇

私が秋山先生と初めて遭遇（出会い、というよりは遭遇）したのは、2005年の北海道大学工学部材料工学科の配属説明会の時でした。えんじ色のローリングスのスタジアムジャンパーを着て、大きな体、大きな瞳、大きな身振り大きな声で「宇宙で実験できることになりました。アイデア募集中です。何かおもしろいことありませんか？あと、研究室でPCMとか熱電とか、こんなことやってます。」と、嵐のように話し、話終わると足早に去っていたのを覚えています。これが研究者か！（？）おもしろそうだ！と直感しました。

2 秋山研究室「よく遊び、よく学べ!!」

秋山研は自由な雰囲気のある独特な研究室でした。私は秋山研究室しか経験しておりませんが、やはり独特で、他には無いと感じます。研究室に配属されてまず言われたことは、自分（学生自身）の名刺を作ること。これは、悪名は無名に勝る…という意図もあったようですが、公平に「一人の研究者として遇する」という先生から学生に対する真摯なメッセージでした。秋山研にはコアタイムはありません。二週間に一回の研究グループ会議（通称BC: Biweekly Conferenceの略）と、夏と冬に開催する中間報告会（通称夏中、冬中）以外は基本的に自由でした（本当です）。近年、働き方改革、テレワークなどが推進されていますが、2007年の時点でそれらは秋山研内にて推奨、実施されていました。「よく遊び、よく学べ」が当時の研究室のモットーでした。また、「できませんでした、とは言わないでください。せめて、やりませんでしたと言ってください。」とよくご指導頂きました。ある学生は、「公務員試験を受けたいので数か月間実験をやりません。」と秋

山先生に伝えたところ、秋山先生は怒るどころか、「君の意志をはじめ聞くことができた。とても嬉しいです。ありがとう。ぜひやってください」と、その学生を激励したことを覚えています。秋山先生は何事に関しても、個人の「意志」を公平に尊重してくれました。この自由でエネルギーギッシュな雰囲気があったからか、学生にとって最初は与えられた研究テーマであっても、それぞれがそのテーマを「自分の研究」だと強く感じることができ、率先して、生き生きと、そして真摯に研究を進めていくことができました。もちろん、秋山先生自身が数えきれないほど多くのやりたいことをお持ちで、それを学生にも（むしろ出会った全ての人に…）分け隔てなくお話しして下さるので、結果として秋山先生のやりたいことが学生にとって自分のやりたいことになっている…というパターンが多かったようにも思います。

「よく遊び」について、触れたいと思います。秋山研はエネルギー変換マテリアル研究センター（現 エネルギー・マテリアル融合領域研究センター）に所属しており、同じセンターに所属していた林潤一郎先生（現九州大学）の研究室と居住スペースを共有しておりました。同じセンターに所属するとはいえ、分野の異なる研究室であったにも関わらず、垣根なく（なんと、学生の座席もミックス）交流しました。ジンパ（ジンギスカンパーティーの略、北大用語）、ソフトボール大会、野球大会、駅伝大会、ニセコへのスキー合宿など、毎週のようにイベントがありました。特に、スキー合宿ではスキーをかついでニセコアンプリの山頂まで登山するのが伝統でした。（一度遭難しかけたことも…私と先生は別行動で温泉につかっていたが）。そして、ついにゴルフに目覚めた秋山先生発案の「秋山研OBゴルフ大会（通称：OB無しよのOBゴルフ大会）」。

秋山先生はスウィングに独自の理論をお持ちで、密かに理論研究ノートを執筆されていたようです。残念ながらその出版予定はありません。

「よく学べ」について、触れたいと思います。秋山先生のご研究は非常に多岐にわたるものでした。先生は物事を常に俯瞰的な視点から見るよう心掛けており、私達もよくそのようにご指導頂きました。自分の研究や目の前の課題解決ばかりを追っていると、「その研究の目的関数は何ですか？」「その研究のビジョンを教えてください。」さらには「あなたの夢を教えてください」と、よく言われました（蛇足ですが、その問いかけから、秋山先生の夢の話がはじまり、宇宙の話になり…10min程度のちょっとした相談が2hを超える語らいの場になることがスタンダードでした）。秋山先生の視点から眺めると、学問分野の領域の垣根自体がなかったのでは、と感じます。A分野での課題は、全く異なるB分野では当たり前の如く解決されている。これは誰もが気づいてもおかしくないことですが、どっぷりと専門領域に使ってしまうと盲目的

に目の前の事象を追いかけてしまい、その発想に至ることがとても難しくなってしまいます。秋山先生は、常に思考の境界から外に出て、俯瞰し、異なる分野から共通の原理を見出されようとしていました。この俯瞰的な視点こそが、秋山先生の湧き出てくるアイディアの源泉だったのだと思います。誰もができそうで、それをできる人はほとんどいません。材料AとBの長所を組み合わせる、プロセスAとプロセスBを繋げる。さらには、学問の垣根を越えて異なる（一見異なっているように見える…違う言語で書かれているとすら思う）学術を組み合わせることで解決策を見出す。そして最後には人と人も繋がる。これこそが秋山流でした。「最後は人」とよく仰っていました。

3 秋山先生のご研究

秋山先生の俯瞰し、つなげていく発想には、常にエクセルギーの概念が根底にあったと思います。図1は、石田愈先生（東工大名誉教授）が提唱された熱力学コンパスのコンセプトです。横軸をプロセスのエンタルピー変化 ΔH 、縦軸をエクセルギー変化 $\Delta \epsilon$ とすると、どんなプロセスもこの二次元座標軸上に現わすことができます。その時の傾き $\Delta \epsilon / \Delta H$ は、そのプロセスの持つエネルギー変化の質であるエネルギーレベルに相当します。この2つの軸に加えエントロピー変化 ΔS の値に着目すると、全てのプロセスを6種類に分類でき、統合的に表すことができます。秋山先生曰く、じっくり考えて、新しいプロセスが閃く直前、この熱力学コンパスが頭の中で「まわる」感覚があったそうです。

秋山先生は金属生産工学の分野において、数々のプロセスを提案しております。その一例がCVI（化学気相浸透法：

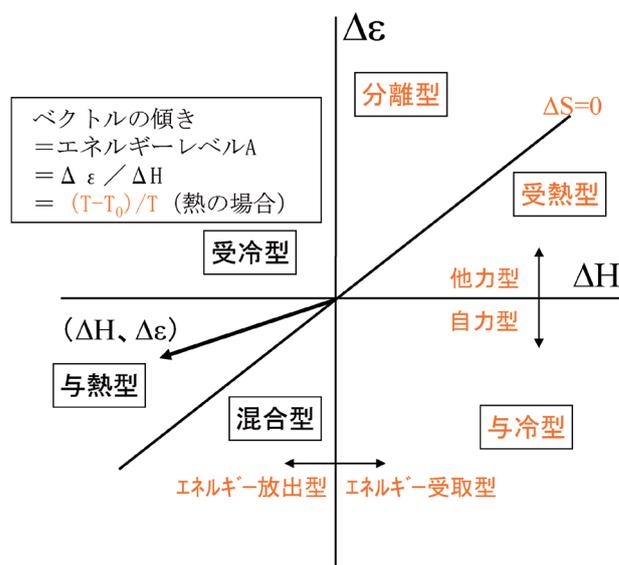


図1 熱力学コンパス

Chemical Vapor Infiltration 製鉄) 製鉄です (例えば Hata et al., Energy Fuels 2009, 23, 2, 1128-113)。結晶水多量に含む低品位鉍石を低温で脱水することで、ナノ多孔質化することを見出し、バイオマス、褐炭などの熱分解ガス中のタールを細孔中へCVIにより炭化析出させることで、低品位原燃料を炭素と酸化鉄がナノスケールで近接した炭素含有鉄源にグレードアップして利用可能となります。ハンドリングを難しくする結晶水とタールをあえて組み合わせることで、両方の課題を一気に解決できる一石二鳥のプロセスであり、LSIの製造に使われるいわゆるナノテクであるCVIプロセスをギガトン産業の製鉄業に応用する野心的な試みでした。この他にもNH₃を還元剤に用いる「NH₃製鉄 (Hosokai et al., Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 2, 821-826)」など大胆かつ斬新ですが、現在と未来をつなぐプロセスをご提案されてきました。また、鉄鋼業をハブとしたエココンビナート (図2参照) の提唱者の一人でもありました。このエココンビナートの創成は、秋山研の研究理念である「ホメオスタシス社会を究極の目的として、エネルギーを高密度に貯蔵、輸送、高効率に変換する材料を開発すると共に、エクセルギー理論に基づくエネルギーデバイス・プロセス・システムの設計を実施する」という研究室の究極目的にもなっています。

4 燃焼モードによるヒトの分類

秋山先生が執筆された粉体工学会誌 Vol. 50 No. 4 (2013) の巻頭言を抜粋します。“興味深いことに、稲盛和夫氏によると、次のようにこの燃焼モードでヒトを分類することも可能なようです。「何か価値のあることをやり遂げるためには、自燃性の自分から進んでことをなす人間でなければなりません。なぜなら、熱意と情熱こそがものごとを成就させる基本的要因だからです。つまり自分のエネルギーで燃え上がることのできる人です。そういう人は自分も燃え、周りの人達にも自分のエネルギーを与えることができる人です。不燃性の人は、才能があってもニヒルで感受性に乏しく感情がありません。能力があっても何も成し遂げられない人なのです。可燃性の人は少なくともやる気のある人に囲まれているときは、自分もやる気になるのです。火のそばにいるときだけ燃えるのです。」(「成功への情熱」PHP研究所、2007、p.172)”

この燃焼モードによるヒトの分類を、秋山先生はさらに細分化し、2018年9月22日に開催した秋山先生の還暦お祝い会で紹介してくれました。

Type 1 自燃 (じねん) 型: 1 割程度

自ら面白いことを見つけて楽しむ。

(T_{ad} (断熱火炎温度) > 1800K、自己伝播発熱現象)

※中にまれに着火型あり (数%)。

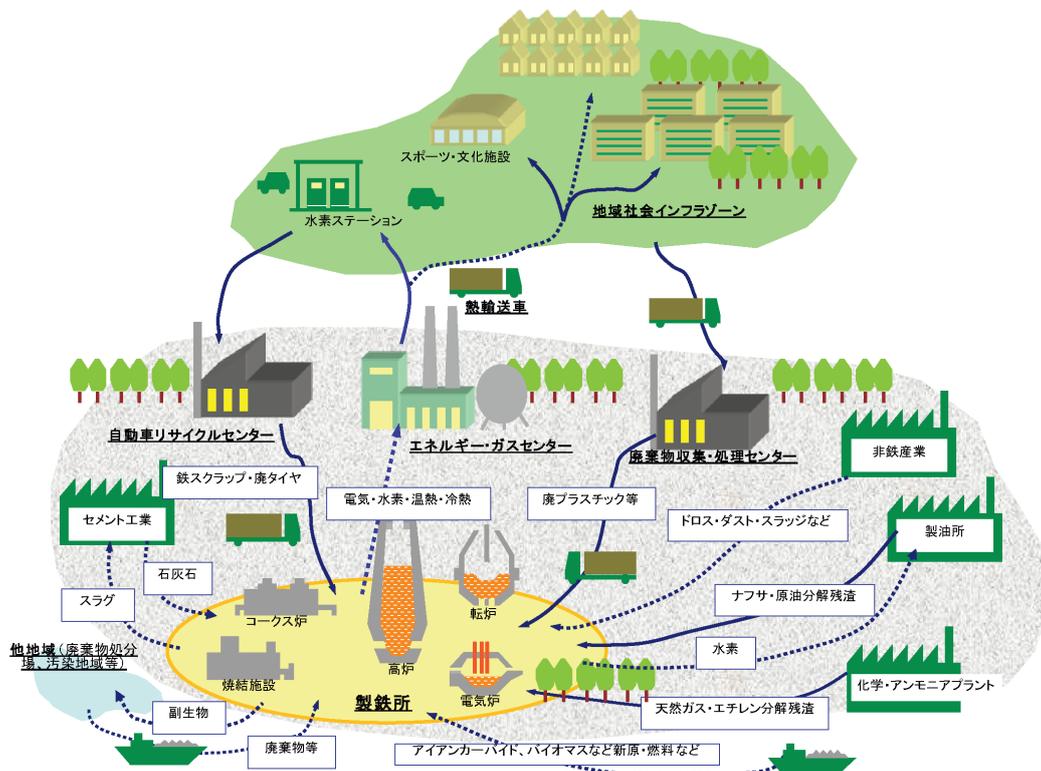


図2 鉄鋼業をハブとするエココンビナートの概念図

Type 2 可燃 (かねん) 型 : 8割方

他人に面白いこと教えられ楽しむ。

($T_{ad} < 1800K$, 予熱で自己伝播発熱)

Type 3 不燃 (ふねん) 型 : 1割程度

すべてに否定的で、ニヒルで何もしない。

それが楽しい (熱を奪い取る吸熱現象)

※中にまれに消火型あり (数%)

皆さんはどの型に分類されるでしょうか？秋山先生のお考えでは、どのタイプも組織には必要で、この組織論も熱力学コンパスで説明・設計できるそうです。

5 秋山先生からの最後の教えと 自燃型研究者としての私の誓い

2019年の7月末頃、それまでに二度 (私の知る限りでは) の手術を試み、状態としても非常に安定していたと思われていた脳腫瘍が急激に悪化し、秋山先生は緊急入院しました。緊急入院とは言え、とても元気で、肉体は健康そのものに見えました。しかし、検査の結果は深刻なものでした。秋山先生はその結果を受け止め、自分の死を静かに受け入れられていたように見えました。最後に読んでいた本は「流れといのち 万物の進化を支配するコンストラクタル法則 (著: エイドリアン・ベジャン 紀伊国屋書店 2019年)」。生も死も俯



2018年9月22日 秋山先生還暦会にて

瞰して、「進化」とは何かを考え続けておられました。また、お見舞いに行くといつも、病院中に響き渡る大きな声で「人間やらなくてはいけないことは、1つもありません。自分のやりたいことを考え続けて、そのやりたいことだけを徹底的にやってください。そして、自分賞を取ってください」と激励してくれました。病状が進み、話すことが難しくなっても、動かせる手を使って「全部OK、どうぞ」と、背中を押してくれました。

秋山先生は自分のエネルギー (正しくはエクセルギー) で燃え上がり、周りの人達にも自分のエネルギーを与えることのできる、まさに自燃の人でした。自燃型研究者への道を、その死の間際であっても、生き方そのものをもって示し、導いてくれました。やはり自燃型である私はその情熱の炎を受けて、さらに強く輝くことを誓う。また、秋山先生から受け継いだものをさらに発展させ、日本に、秋山先生の意志を受け継ぐ、世界一の研究者集団を誕生させ、科学技術だけではなく人間そのものの「進化 (文化的な意)」に貢献したい。

秋山先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

(2020年1月27日受付)



秋山先生作品

先輩研究者・技術者からのエール

京都大学 エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻 准教授

| 柏谷 悦章

「自燃(じねん)型研究者」としての能村先生の誓いを読ませて頂きました。まさしく故秋山友宏先生の研究者・教育者としての集大成が、能村先生であったと実感しました。秋山先生は、たくさんの将来有望な研究者、そして人間を育て、世に送り出したことは間違いありません。彼は私と同じ年令で、学生のころから同じ研究室で過ごしました。最近もよく彼の研究室にお邪魔し、熱い研究への思いを聞かされていました。とにかく発想が豊かで私にはとても付いて行けないことも沢山ありました。しかし、そういう中から新しい成果が生まれるのだとも思います。彼の教育方針は、古いやり方を受け継ぐこと無しに、全く新しいものでした。能村先生もそんな中で育って来たのだと思います。本文中にもありますように是非誇りにして、自信を持って進んで行ってください。

「自燃型研究者」という言葉は、とてもいい言葉であると思います。たぶん、彼の研究の大きな部分を占める、燃焼合成から来ているのだと思っていました。燃焼合成も、現象として非常に興味深く、面白い研究であります。もともと製銃の研究室出身の秋山先生ですが、それに捕らわれることなく、様々な分野に挑戦しています。私も秋山先生のその姿勢を学ぶべきだと思っております。能村先生は、研究室の理念「ホメオスタシス社会を究極の目的として、エネルギーを高密度に貯蔵、輸送、高効率に変換す

る材料開発」、そして「エクセルギー理論に基づくエネルギーデバイス・プロセス・システムの設計」を、引き継いで頂き、さらなる高みを目指して頂きたいと思います。

考えてみますと、秋山研を巣立った学生の皆さんは恵まれ過ぎているのではないかと思うほど、素晴らしい研究室だったと思います。しかしながら、それが逆に弱点になって、社会に出たときに大変な思いもするかもしれません。そんなことに負けずに自分の道を徹底的に貫いて頂きたいと思います。

利休の教えに、「守破離」と言う言葉があります。「規矩作法 守り尽くして破るとも離るとも本を忘るな」から来ているものです。修業に際して、まずは師匠から教わった型を徹底的に「守る」ところから修業が始まる。師匠に教えられたことを忠実に守る時期、そしてある時期からは、既存の型を「破り」、最終的に教わったものと自分が培ったものを融合させて、新しい道、自分なりの道を創る、それが「離」ということかと思えます。これは能村先生だけで無く、誰にも当てはまる教訓かと思えます。私自身にも当てはまるものでありますが、残念ながら私には、「守」さえも出来なかったと思っております。それは周りに流されて自分の道を貫き通すことが出来なかったからです。是非、能村先生には、守破離の道を突き進み、素晴らしい成果を上げて頂きたいと思えます。

一般財団法人 省エネルギーセンター 省エネ技術本部 首席参事役

| 藤林 晃夫

最近、活躍著しい北海道大学の能村貴宏先生は、既に広い分野における研究のご経験をお持ちであり、その発想の新鮮さに感心するとともに頼もしさを感じている。

私が能村先生と知り合ったのは、先生が北海道大学秋山研究室の学生の時にさかのぼる。当時、秋山友宏先生の下で蓄熱カプセルの実用化研究を担当されていた。相変化物質(PCM: Phase Change Material)の固液相変化潜熱を利用する潜熱蓄熱技術は高密度の蓄熱、一定温度の熱供給が可能であり、排熱回収や太陽熱利用への応用が期待されている。鉄鋼排熱の蓄熱を考えると融点がある程度高い金属、例えば亜鉛、アルミや銅などを溶かして保持する必要があり、カプセル化が必須である。能村先生は直径が10mm程度のセラミックのカプセルの試作を進められていた。当初、コストの面で難しいであろうと思われたこのカプセルの開発に成功して高温の潜熱蓄熱材を実現した。この時、能村先生の高い意識と粘り強い研究魂に感心したのだが、それからしばらくしてこの技術は進化する。500℃超に融点を持つAl基合金の(マイクロ)粒子(約20μm)へ化成/酸化処理を施すことで、コア(Al基合金)-シェル(Al₂O₃)型潜熱蓄熱マイクロカプセルを開発された。顕熱蓄熱材と比べて約5倍以上の高蓄熱容量を持ち、シェルがAl₂O₃であるため

「セラミックス粒子」として扱え、即ち、現行セラミックス顕熱蓄熱技術の利用形態を継承したまま蓄熱性能をグレードアップした画期的な蓄熱材料である。粒子径は任意に選べるので放熱・蓄熱特性の選択範囲が広い。この開発において金属粒子の外側に酸化物質シェルを形成させる着想と製造時の種々の課題を解決した実験手法は見事である。さらに、この粒子は、蓄熱の機能のみならず、粒子に触媒を担持させると触媒と担体と蓄熱材がマイクロスケールで一体化した新しい反応制御型デバイスへの展開が予想され、今後の用途開発が待たれる。

この事例に見られる研究のブレークスルーは、俯瞰的な視点から物事を見て、その行くべき方向性を確認しながら試行錯誤することで成し得た。解決の糸口は全く異なる技術分野や専門分野に存在することが多く、その糸口を見つけるのは“偶然”である。とはいえ、それに気付くかどうかはその研究者の発想が自由で、ものの見方が俯瞰的であるかにかかっていると私は思う。万人がその発想をできるものではない。師である故秋山先生の気質を肌で感じて受け継いで持ち得たポテンシャルであり、能村先生の今後の研究の原動力となろう。その能力を最大限発揮して低炭素社会に向けて立ちはだかる難局を乗り越えてほしいし、活躍を期待している。