

論 説

工学的研究を大学連携させた「工学教育・工業教育」に関する提言

－エネルギー環境研究システムと小中高大40年間の教育経験を通して－

恵那エネルギー環境研究所，恵那ライブ気象台 所長・代表

足利大学 総合研究センター 客員研究員，工学部 非常勤講師 丸山 晴男

1. はじめに

時代の変化が激しい現在，社会へと巣立った後もグローバルな視点を持ち，工業系の実務に理解と興味を持って対処できる生徒の育成は不可欠であると考えます。

主に高等学校工業科の教育に携わる方々へ，私の様々な研究，教育に関する経験を通して，「工学教育」「工業教育」に関する情報提供となることを願い，私の大学時代からの経歴と研究設備（図1），それを活用した授業展開，さらに足利大学との共同研究である工業科授業の実践について紹介する。

以降，恵那エネルギー環境研究所や大学などの研究的な側面は「工学教育」，高等学校工業科の教育的側面は「工業教育」と表現する。厳密な線引きはしていないので，表現が混在する

場面もあるのでお許しいただきたい。

2. 研究・実践活動

(1) 恵那エネルギー環境研究所設立の経緯¹⁾

学生時代は，近畿大学理工学部応用化学科で天然物有機化学，工業有機化学，機器分析化学などを学び研究²⁾した。研究職をめざしたが，様々な困難や不確実性もあり，同時に教員も考えた。教員採用候補者になり，やむを得ず近畿大学大学院工学研究科を中退し（当時大学院猶予制度はない），岐阜県公立学校教員（小，中学校）になり研究から離れてしまった。毎日の学校勤務をしながらも，「研究は続けよ！」と強い近大の先生方の声が耳から離れなかった。

年を重ねるにつれ，どうしても理工学的研究がしたい，学術的研究と教育現場に生かせる研究施設をつくりたいと強く願ったが，応用化学的な研究のための施設，実験および分析装置を個人レベルで用意することはできない。何か個人レベルでも研究システムの構築が可能な研究テーマがないかと各種調査を始めた。

その結果，学生時代に学び，その後独学で取り組んだ，環境工学的側面やエネルギーの側面，ICT情報システム系の側面ならば，何とか小規模な個人レベルでも研究が可能ではないかと考えた。さらに，研究施設は，自宅を私設研究所にすれば，経済的負担も少なく，時間的にも都合がよいと考えたわけである。これは，自宅



図1 恵那エネルギー環境研究所全景

を事務所にして業務をするような、個人事業主と同じような考え方である。

(2) 恵那エネルギー環境研究所敷設の発端

研究領域は、自然エネルギー（太陽光発電、風力発電など）とその計測システムおよび気象観測システムとし、これらをライブカメラによる映像も含めインターネットを活用して情報発信したら、学校教育や市民教育に寄与できると考えた。これが研究所敷設の発端である。

(3) 恵那エネルギー環境研究所の概要

研究所は2000年4月に設立し、自然エネルギー研究システムとして以下の施設を年々増設した。自然エネルギーとしては、太陽光発電：

3.6 Kw、風力発電1（プロペラ型：60 W）、風力発電2（ジャイロミル型 180 W）、太陽熱利用システムがある。一方太陽光発電や風力発電状況と気象環境との相関を調べるための自然環境調査用に、恵那ライブ気象台システム、設備の運転状況や気象状況を遠隔で知るためのライブカメラが設置されている他、放射線計測装置もある。

これらの発電状況、放射線計測値、気象情報、ライブカメラ映像は、インターネット上で閲覧可能である。各計測装置と、PC 5台を用いたロガー機能と簡易サーバー機能により、計測データは格納され、Web-UP システムによりインターネット上に自動的にデータ公開される。

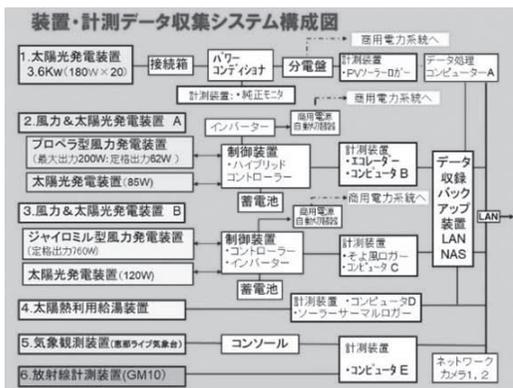


図2 装置・計測データ収集システム構成図

その装置・計測システムを図2に示す。

運営開始後は、専門雑誌の取材や記事掲載（2005）、韓国全州大学機械科訪問団見学（2007）、テレビ番組出演（2007, 2008）、新聞記事掲載（2008, 2013）、研究システムの査読論文投稿（2009）、足利大学自然エネルギー利用総合セミナーでの講演（2011）など順次研究活動を拡大している。その後も、各研究発表、論文、教育利用、イベント等の様々な活動につないでいる。

3. 足利大学との共同研究

(1) 足利大学との連携

足利大学は、日本でも有数な自然エネルギーの研究施設を有する大学である。牛山泉理事長（当時学長）からお声がけをいただき、自然エネルギー利用総合セミナーでの講演の機会を得た。敷地内には大型風力発電、太陽光発電、バイオマス発電を組み合わせた「トリプルハイブリッド発電システム」がある。30基の小型風車などが展示されている「風と光の広場」、ソーラークッカーなど自然エネルギーについて学べる「ミニミニ博物館」がある。

この足利大学総合研究センターで客員研究員として、機械分野自然エネルギーコース、総合研究センター長の中條祐一教授の指導を受け、自然エネルギーに関する工学的研究、工学教育に関する研究をしている。さらに、工業教育、工業科教員、高等学校工業科の現状に関する内容について、同大学共通教育センターの池守滋教授からも助言を得ている。

(2) 足利大学自然エネルギー利用総合セミナー

足利大学第8回自然エネルギー利用総合セミナーにおいて、「自然エネルギーの有効利用に関する研究と学校や地域における環境教育への応用展開」(2011)と題し、自然エネルギー利用システムを小・中学校での理科や技術科での教材として活用した実践や、各種出前講座やセミナー、サイエンスイベントなどで活用した実践

を発表した。

(3) 自然エネルギー特別講義

足利大学工学部非常勤講師として、「自然エネルギー特別講義」の一部を担当している。

恵那エネルギー環境研究所として、A：自然エネルギー個別利用システム編、B：自然エネルギー・気象情報、計測&研究システム編、C：エネルギー環境、キャリア教育、工学教育&ICT活用システム編の3部編成にて講義をしている。できるだけ、自然エネルギーの工学的研究や、社会・仕事に役立つ実務的な講義内容を目指し、工学教育・実践活動などの事例も組み入れるようにしている。

自然エネルギー施設の設置から、発電状況やデータロガーシステム、Webシステムなど環境工学的な専門分野から、自然エネルギーの利用、教育的な側面などを取り上げている。

4. 研究の累積とその推進・活動サイクル

(1) 恵那エネルギー環境研究所の研究発表

自然エネルギーに関する計測システム構築やデータ収集・分析、結果は、研究用として活用している。特に、各種データと気象関係の相関については同一時刻、同一位置であるため信頼性が高い。

この研究の一部は、科研費(科学研究補助金)の採択を受けて行っているものもあり、学会発表や研究論文などの研究成果が求められる。恩師、元核融合科学研究所教授の朝倉大和先生の研究に関するご指導と論文執筆、研究推進の重要性の考え方を受け、自然エネルギー利用、工業教育の分野で毎年、学会発表や論文投稿をしている。その研究・実践の推進・活動サイクルを図3に示す。



図3 研究・実践の推進活動サイクル

(2) 恵那エネルギー環境研究所の教育利用

小学校において、理科、中学校では、理科、技術科などで広く活用した³⁾。高等学校の理科では、化学分野⁴⁾「電池」、物理分野「電気・エネルギー」などに利用した。工業科における活用事例の一部を以後に述べる。

(3) 社会教育および一般の利用

前述のように、計測データは各種講座やセミナーに広く利用しているが、アクセス履歴を見るとWebデータは全国的に広く活用されている。

(4) 研究・実践の推進・活動サイクル

自然エネルギー、エネルギー環境教育、工学・工業教育のサイクルをつくり、工業分野に巣立つ生徒が自分で考え、理解することの重要性に気付ける実務的な教育を目指している。

5. 工学教育に関する学会発表と論文

恵那エネルギー環境研究所の研究施設を活用し、小学校、中学校、高等学校、足利大学での研究・教育実践を様々行ってきた。その論文・記事関係は、主なものとして、計測システム関係（5報）、エネルギー環境教育関係（5報）、工学教育関係（5報）の3分野に発表・論文投稿した。その実践の一部を紹介する。

(1) 恵那ライブ気象台でわくわく天気学習

小学校勤務時、理科の授業「天気の変化」の学習で、気象観測データやライブカメラの映像を見せて、リアルタイム情報を教材とした。児童は、非常に興味関心を持ち、画像やデータの見方や活用の仕方の入り口に触れた。小学校における工学教育の入り口になったと考える。

(2) コース別スクランブル方式³⁾による授業

中学校勤務時、複数の分野・トピックスを設定し、生徒が同時進行で選択的に実験・調査をして最後にまとめるという方式を開発、「コース別スクランブル方式」と名付けた。STEAM学習やEducation 3.0に関連し、アクティブラーニング授業実践で、工学教育の入り口となった。

(3) 工学教育、工業教育の実践関係システム

工業・工業教育においては、足利大学および岐阜県立中津川工業高等学校の電子機械科に常勤講師として勤務し、研究・実践している。

工学教育、工業教育に加え、SDGsの側面、エネルギー環境教育の側面を入れながら、機械系の授業を中心に実践した。その研究・実践の関係を図4に示す。

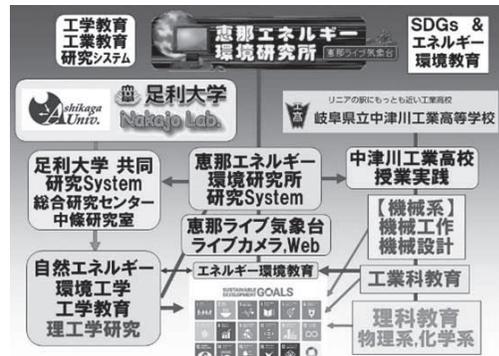


図4 研究所・大学・高校の研究・実践関係図

6. 工学教育・工業教育の実践・機械系授業

(1) ソーラークッカーを核とした機械系授業

自然エネルギー利用機器のソーラークッカー（太陽熱利用調理器）を中核教材として、機械系授業⁵⁾の「機械工作・機械設計」の授業実践をした。実験を図5、6、概要を図7に示す。

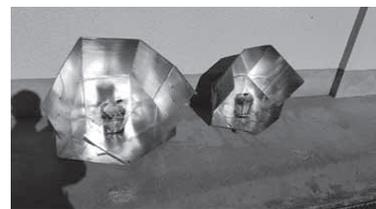


図5 ソーラークッカーの設置



図6 実験をする生徒（温度上昇確認）

ソーラークッカーの設計，製作法において，ソーラークッカーの大きさ，かたち，設置など機械設計・材料力学の側面から取り上げた。素材は，プラスチック（高分子化合物）とアルミニウムで，材料工学，応用化学の側面から取り上げた。

太陽光については，気象・天気の変化として，恵那ライブ気象台のデータを活用した。

一方，社会・生活的側面で，省エネ，環境，SDGs などを取り上げた。

(2) 高校工業科と大学工学部機械系との連結

工業科は，専門高等学校であり，学ぶ教科も「専門学科：工業科」の科目である。これらの科目は，大学の工学部系の履修内容と直結しており，その基礎を学ぶという視点もある。そこに，大学との連結の有効性があると考えた。

機械系「機械工作」と「機械設計」の履修内容が，足利大学工学部機械分野とどのように連結しているか調べた。その結果を図8に示す。大学の内容を考慮することで，より専門的な授業展開が可能であり，興味関心の向上につながる。

7. まとめ・提言

研究と教育実践をどのようにリンクしていくのか，その要点をまとめて提言としたい。最終的には，工学教育と工業教育の区別はなく，研究を教育に生かすという視点でまとめたい。研究と授業実践などをする場合，私が実践し，参

課題：ソーラークッカーを総合的にとらえ，工学的側面を核として
どんなことができ，どのような学びがあるのか，生活に生かせるか

自然エネルギー（与再生可能エネルギー）
○太陽エネルギー（太陽光発電，太陽熱热水器）
○風力エネルギー（風力発電）など

SDGs

**A:工学的，理学的側面
理工学的側面**
ソーラークッカーの設計
大きさ，かたち，設置など
→機械設計・材料力学
◇物理・力学系

**ソーラークッカーの素材
作成材料，表面加工**
→機械工作・材料工学
◇応用化学系

**気象・天気，太陽高度：地学
AM(Air Mass)エアマス：太陽光が地上に届くまでに通過する大気の種類**

B:社会・生活的側面
1. 省エネ生活用品
（電気，ガスなど外部エネルギー必要なし）
（非電化，非化石燃料）
（脱炭素，自然エネルギー）
2. 1時間から2時間程度の時間で調理可能
3. 調理実績
・お湯，ゆで卵，卵焼き
目玉焼き，炊飯，カレー，シチュー，煮物シフォンケーキなど
（恵那エネルギー環境研究所，足利大：中條研で実施済み）

※恵那エネルギー環境研究所(山崎勇)は，足利大学 総合研究センター 工学部自然エネルギーコース 中條研一研究室と共同研究実施。

太陽の光を熱に変換し，その熱だけを利用して，煮る・焼く・蒸すなどの調理を行う器具。パラボラ型や箱状にした鏡面で太陽熱を一点に集中させ，高温を得る。冬場：大気温度が0℃レベルでも，水89℃までの上昇を確認した。

集光型，パネル型，熱箱型，テルコス型など（各種の分類がある）

図7 ソーラークッカーを活用した授業

「高等学校工業科」と「大学工学部機械工学系」の連結

工業科科目	工業科：大学との共通内容：連結	足利大学 工学部 機械分野	
1 (教科書： 機械工作1)	機械工業の概要：技術史，利用	機械概論，自然エネルギー特別講義	材料の研究
2	機械材料性質	金属材料基礎，金属材料	
3	機械材料の種類，表面処理	材料工学A,B	
4 機械工作	材料加工性：鋳造，溶接，塑性	機械工作法	材料の加工方法
5 (教科書： 機械工作2)	切削加工，砥粒加工，特殊加工	機械工作法，切削加工	
6	工業計測と計測用機器	力学計測基礎，力学計測基礎	
7	生産計画・管理，自動化，環境	品質工学，環境工学	機械材料基礎力学
8	機械と設計	機械概論，機械力学A	
9 (教科書： 機械設計1)	機械に働く力と仕事	機械力学A	
10	材料の強さ：せん断，曲げ，ねじり	材料力学A,B,C，機械力学A	機械部品利用力学
11 機械設計	ねじ，ボルトとナット，軸と部品	機械要素	
12	リンクとカム，歯車，プレーキばね	機構学	
13 (教科書： 機械設計2)	圧力容器と管路	流体力学1	機械部品利用力学
14	構造物，器具・機械の設計	機械力学A	

工業科：専門科目 ⇄ 専門共通内容：連結 ⇄ 大学：専門科目

図8 高校工業科と大学機械工学系との連結

考になると思われることを以下に列記する。

(1) 文献・資料検索利用

この「工業教育資料」はもとより，多くの先生方の実践資料を活用することは効果的である。さらに，学術論文や研究資料を検索し活用することで，より質の高い授業が可能となる。文献や研究者検索については，各種検索サイトがある。researchmap⁶⁾，J-GLOBAL，CiNii，Google-Scholar，J-STAGE，国立国会図書館サーチなど

多くあり、論文自体が入手可能なサイトもある。

(2) 研究学会と資格、免許

工業教育、工学教育などに関係する各種の研究学会に入り、学会発表、学術雑誌（査読論文）を活用しつつ自らも発表、投稿する。関連資格などを取得する。筆者の場合は、教員免許：小専修、中専修理科、高一理科、高一工業のほか、教育士（工学・技術）⁷⁾ 日本工学教育協会認定、環境カウンセラー、初級シスアド（情報処理）、毒物劇物取扱責任者等を取得している。

(3) 大学^{8,9)}、研究所^{10,11)}、企業などの情報活用

工業科の科目に関する様々な情報が多く公開されており、データや動画など広く活用できる。授業に常に実用化、工業化の内容を取り入れる。これは、Education 3.0（テクノロジーを学習に統合する方法）にもつながる手法である。

(4) 工業科の授業と大学の工学部系との連結

必要以上の知識を提供するというのではなく、現在の知識の立ち位置を確認することが正確な理解の助けとなる。また話した方が理解につながると考えたものについては基礎に限って紹介している。これにより理解が深まるとともに、高等学校卒業後就職する生徒にとっても、大学等に進学する生徒にとっても、いずれ必要になる新しい知識への準備ができる。

(5) 学習内容の共有化

機械工作と化学系、機械設計と物理系・数学、生産システムと電気基礎など教科書の段階でも工業と理数には多くの共通点がある。さらに、身の回りの製品は工業デザインに深く関連がある。これらについて言及することは、STEAM教育（科学・技術・工学・芸術・数学）の概念とも一致する。

(6) 関係分野の図書のセット活用

教科書を複数見比べ（実教出版の工業科も複数活用）、関係専門書、指導要領の解説も併用することで、各学習内容をより深くつかみ、多様なアプローチ、時代に対応した授業展開がで

き、各トピックに対する教員の理解と活用が進む。

(7) 工業科専門授業（座学）に実験を導入

卓上実験、モデル実験、具体的な対象物の提示、資料提示（プリント類、ICT等）を取り入れ、対話型を中心にアクティブラーニングを推進することで、生徒の興味・積極性を引き出す。

8. おわりに

教育経験40年を振り返り、私設研究所の設置から、各種研究、工業科授業に至るまで20年間ほどの積み上げや各実践を列記した。時代が大きく変化し、これからの日本を背負っていくのは、目の前の工業科の生徒だと思う。そのため生徒が新時代に対応できる総合的な能力（理論・技術・技能など）を身に付け、教師も時代に対応し、先取りするスキルを身に付ける必要を強く感じる。今後もこれからの時代環境に対応した、研究・実践を推進していきたい。

参考文献

- 1) 丸山晴男、「家庭用気象データ連携収集型太陽光・風力発電システムの開発」太陽エネルギー, 35 (3), pp. 47 - 52. (2009).
- 2) 亀岡弘、丸山晴男、宮沢三雄、「アロエの水蒸気揮発性油の成分」日本農芸化学会誌, 55. (19), pp. 997 - 999. (1981).
- 3) 丸山晴男、中條祐一、「中学教育3年間の理科と技術科に一貫して工学的視点を取り入れることの効果」工学教育, 67 (6), pp. 96 - 101. (2019).
- 4) 丸山晴男、中條祐一、「各種機器分析の化学史と化学分析手法を工学教育に活用する一考察」技術史教育学会誌, 20 (2), pp. 29 - 34. (2019).
- 5) 丸山晴男、中條祐一、「[単位とその歴史]を導入した工学教育に関する一考察」, 技術史教育学会誌, 21 (2), pp 33 - 38. (2020).
- 6) 丸山晴男, <https://researchmap.jp/ena-eco.jp>
- 7) 丸山晴男, 教育士（工学・技術）日本工学教育協会
- 8) 中條研 <https://www.2.ashitech.ac.jp/mech/nakajo/>
- 9) 足利大学総研 <https://www.2.ashitech.ac.jp/crc/>
- 10) 恵那エネルギー環境研究所：<http://ena-eco.jp/>
- 11) 恵那ライブ気象台：<http://ena-eco.jp/VWS/wx.htm>