



木更津市 キサラビアの観覧車 撮影：水谷千紘

テクノセンターニュース

木更津工業高等専門学校 地域共同テクノセンター

2019年10月発行 第33号

カドミウムとヒ素の話



地域共同テクノセンター長 鈴木 聡

今回も編集者の「内容は自由です」と言う言葉に甘えて、思うままに書かせていただきます。今回は人体に毒性があるカドミウム(元素記号: Cd)とヒ素(As)について、あまり知られていない一面を紹介したいと思います。

カドミウムというと日本の四大公害の一つであるイタイタイ病を思い浮かべる方が多いと思います。もう一つの四大公害である水俣病の原因となった水銀(Hg)と並んで、日本では大いに嫌われている物質です。イタイタイ病は、岐阜県の神岡鉱山で亜鉛(Zn)を精錬する際に、同時に採掘されるカドミウムを含む未処理の廃水が神通川に流れ込み、下流の富山県で汚染された水や米などを摂取した人たちに健康被害が発生した公害です。当時の厚生省が国内初の公害認定をしてから45年後の2013年12月17日に裁判が全面解決したという経緯がありますので、長い間私たちの脳裏に残っている事件です。

このようにカドミウムは環境汚染の元凶となる物質ですが、工業的には非常に優れた特性を持っています。今は使われることがなくなりましたが、少し前までNi-Cd電池、通称ニッカド電池がよく使われていたことは記憶に新しいです。まためっき材料として、自動車関連業界で古くから用いられてきました。焼付きを防ぐ性質があるため、やや黄色味がかっためっきは1960年代までのアメリカ車のエンジンルームでよく見られました。顔料としても良く用いられ、カドミウムイエローと呼ばれる絵具は、画家が好んで使っていたようです。半導体としてもユニークな特性を持ち、硫黄(S)との化合物であるCdS(硫化カドミウム)は、長い間、カメラの露出計や光のセンサとして使われてきました。これは人間の目に近い特性を持ち、使

い方も簡単なのですが、残念ながら規制により今では製造することができません。他の材料で同じような特性を出すことは容易ではなく、代替材料が見つかっていないのが現状です。テルル(Te)との化合物であるCdTeは太陽電池の材料として注目されています。さらに、これに亜鉛が加わったZnCdTeはX線のイメージセンサに、水銀が加わったHgCdTeは赤外線イメージセンサに使われています。赤外線イメージセンサはミサイル追尾にも使われ、軍事的な研究が進んでいるようです。

どんなにすぐれた特性を持つ物質であっても、健康被害を及ぼすようなものは身近な製品に使えないことは、今や世界の常識です。2001年にオランダ税関で、日本製のゲーム機がEU指令の含有カドミウム基準超過で通関できなくなる事件が起きました。メーカーは100億円余りを費やして不適合部品を交換の上再出荷しました。その後、RoHS(ローズ)指令で代表されるいろいろな規制が生産物に課せられました。RoHS指令は、電気・電子機器に関する有害化学物質の規制で、10物質に対して濃度規制がかけられています。規制物質として、はんだに使われる鉛が筆頭に上げられます。カドミウムも当然規制物質に入っています。他の規制物質が1000 ppm以下の規制に対し、カドミウムはその10分の1である100 ppm以下という厳しい規制がかかっていますので、カドミウムを含む製品は実質上製造できません。

一方、ヒ素というと何を思い浮かべるでしょう。20数年前に起きたヒ素入りカレー事件や、2004年に英国食糧規格庁が発表した、海藻のヒジキに無機ヒ素が大量に含まれているという調査報告を思い出す方も多いでしょう。私たちの年代では、ヒ素ミルク事件が記憶

に残っています。ヒ素の毒性は古くから知られていて、暗殺の道具として使われた歴史があるようです。また毒性を利用して、殺虫剤や殺鼠剤、木材の防腐剤としても利用されています。1930年代、アメリカの綿畑の農薬原料として日本からヒ素（亜砒酸）が大量に輸出されていたという話もあります。残念なことに、第一次大戦では大量殺人兵器に流用され、旧・日本軍でもヒ素を使った毒ガスの研究が行われた史実が残されています。

先のイタイタイ病と水俣病に新潟水俣病、四日市ぜんそくを加えて四大公害とよび、学校の教科書でも扱われるため有名ですが、ヒ素の公害はあまり知られていません。宮崎県の旧・土呂久鉦山において、産出される硫砒鉄鉱をもとに亜砒酸の製造が行われました。亜砒酸の製造には「亜砒焼き」が行われ、重金属の粉塵や亜硫酸ガスの飛散、川の汚染がおきました。亜砒酸製造は1920年から1941年に及び、第二次世界大戦の中断を挟み1955年から1962年にも製造され、地域住民に慢性砒素中毒症の健康被害が現れました。環境庁（現・環境省）は1973年2月1日、土呂久に多発する慢性砒素中毒症を公害病に指定しました²⁾。土呂久砒素公害については、「土呂久砒素のミュージアム」というwebページ³⁾に詳しいので是非ご覧ください。また、この被害の経験を元に、地下水がヒ素に汚染されているアジアの地域を救おうと、土呂久などで慢性ヒ素中毒に苦しんでいる人々を支援する団体が母体となり、「アジア砒素ネットワーク」というNPO法人が設立されています⁴⁾。

以上のように、ヒ素もカドミウムと水銀に次ぐ嫌われ者なのですが、皆さんが毎日手にしているものの中に入っていることは意外と知られていないかも知れません。ヒ素はガリウム（Ga）とくっついてGaAs（ヒ化ガリウム）という安定な化合物を作ります。これは半導体の性質を持ち、半導体の王様シリコン（Si）ではできない芸当をやっつけてのけます。どのようなことができるかという、ひとつはSiより高い周波数の信号を扱えること、もう一つは効率よく光を出せることです。前者の特性を利用すると、Siでできた電子部品では受け取った信号を大きくすること（増幅）ができない携帯電話の電波も、GaAsとこれにアルミニウム（Al）を少し混ぜたAlGaAsを組み合わせた電子部品を用いると増幅が可能となります。つまり、皆さんの携帯電

話の中には、このヒ素を含む半導体部品が必ず入っていることとなります。また、コンピュータに使われているSiでできた集積回路をGaAsに置き換えれば高速コンピュータが実現できますが、残念ながら、まだGaAsはSiほど集積度が上がらないので、小型の機器を作れません。GaAsの後者の特性を利用すると、発光ダイオード（LED）やレーザダイオード（LD）を作ることができ、これらは赤外線リモコンやCDプレーヤに使われています。赤外線LDでもGaAsとAlGaAsを組み合わせた特殊な構造が用いられ、この発明はノーベル賞を受賞しています。現在では各家庭まで来ている光通信の光源には、GaAsにインジウム（In）とリン（P）が加わったInGaAsPという材料が使われています。4つも元素があるとややこしいですが、ヒ素はインフラを支える重要な物質であることがわかります。ちなみに、日本人がノーベル賞を受賞した青色LEDの材料は、GaAsの仲間のGaN（窒化ガリウム）です。これにはヒ素は入っていません。

毒性のあるヒ素を含む電子部品を持ち歩いて危険ではないかと思われる方もいるでしょう。カドミウムと同じように規制をかけるべきだという意見があるかも知れませんが、先ほどのRoHS指令で規制される有害化学物質にヒ素は入っていません。ヒ素を規制すると現在のインフラが成立しなくなるということもあるかも知れませんが、GaAsという安定な化合物になっていけば、あまり毒性はないというのが規制されない理由だと思います。塩素（Cl）は単体では腐食性と強い毒性を持ちますが、ナトリウム（Na）と化合物を作るとNaCl、つまり塩となり、人体に有害どころか必要不可欠な物質となります。また、フッ素（F）は非常に反応性が高く猛毒ですが、フッ化物にすれば虫歯予防の歯磨剤にもフライパンの焦げ防止のテフロンにもなります。GaAsも同じように食べたりしなければ安全な物質だと考えられます。ただし、熱するとヒ素が蒸気となり出てきますので注意が必要です。携帯電話やCDプレーヤを燃やす人はいないと思いますが、廃棄物として出すときは指定された方法を守らなければいけません。



GaAs の話を読んで、それならば規制のかかったカドミウムも化合物として扱えば安全なのではないかと考える方もいると思います。人体には害があっても、半導体としては特性が良いことを利用せずに眠らせておくのは非常にもったいない話です。特に、CdTe は再生可能エネルギーの筆頭である太陽電池の材料としては低コストで特性が良いといわれていますので、安全性を確保して使っていくのが得策ではないかという考えもあります。CdTe を使用した太陽電池については、千葉大学の松野先生が安全性についてのレビューを書いています⁵⁹⁾。これによると、大災害が来て CdTe 発電モジュールが破壊され最悪の状態になったとしても、大気や海水中のカドミウム濃度が環境規制値を超えることは起きにくいとしています。また亜鉛の生産が続く限り、その副産物としてカドミウムが生まれます。これを未来永劫、貯蔵庫の中に閉じ込めて外部に流出しないようにするよりも、化合物として安全な形にして使用する方が効率的かも知れません。

以上のことは、化学的、医学的知識が乏しい電気屋の私には判断が難しい問題です。東日本大震災の原発事故は 100%の安全はないという教訓を私たちに残しました。しかしカドミウムは放射性物質ではありません。「臭いものにはふたをしる」ではなく、「有害なものでも工夫して有効に利用する」という観点で、安全性を高めるような知恵を出していくことも必要かと思えます。カドミウムは自然環境中に広く分布する元素です。地殻中に分布しており、岩石の風化などの自然現象によって環境中に放出されるため、土壌や水中に天然由来のカドミウムが含まれています。したがって、

私たちはごく微量のカドミウムと共存しています。感情論や企業の利益、政治的な力ではなく、科学的根拠にもとづいたデータにより、広く地球環境を守るための今後の規制基準を考えていく必要があると思います。

参考文献

- 1) RoHS ガイド : <https://rohsguide.com/>、令和元年 10 月 7 日アクセス
- 2) 高千穂町土呂久地区における公害健康被害(慢性砒素中毒症)について : <https://www.pref.miyazaki.lg.jp/kankyokanri/kurashi/shizen/toroku.html>、令和元年 10 月 7 日アクセス
- 3) 土呂久砒素のミュージアム : <http://toroku-museum.com/>、令和元年 10 月 7 日アクセス
- 4) アジア砒素ネットワーク : <https://www.asia-arsenic.jp/>、令和元年 10 月 7 日アクセス
- 5) カドミウム・テルル (CdTe) 太陽光発電システムのライフサイクルにおける環境と健康安全に関する科学的レビュー : <http://matsuno-lab.tu.chiba-u.ac.jp/topic.html>、令和元年 10 月 7 日アクセス
- 6) テルル化カドミウム (CdTe) 太陽光発電システムの国内大災害発生時の環境リスク評価 : <http://matsuno-lab.tu.chiba-u.ac.jp/topic.html>、令和元年 10 月 7 日アクセス



冬晴れの校内にて 撮影：松本義一

可換環論, イデアルの記号的べき乗について



基礎学系 講師 福室 康介

私の研究分野である可換環は、加法と乗法がうまく（結合法則、分配法則、交換法則）が定義された集合をいい、整数全体（有理整数環）や多項式全体（多項式環）といった中学数学から馴染み深い対象が源流となっています。可換環論は、整数論はもちろん、多項式は「多項式=0」と方程式とみて、その根となる点を考えれば、空間内に（その多項式の定義する）図形を定めることから、多項式環の研究は（代数）幾何学論と密接な関わりを持つ分野であると言えます。環のイデアルとは整数の集合で言えば、倍数の集合がそれにあたり、線型部分空間に近い（または拡張した）概念です。つまり、加法で閉じていて、かつ環の元の作用（積）で閉じている部分集合をイデアルと言います。整数環で言えば「6の倍数全体」から任意に二つ元を取ったその和はやはり6の倍数であり、任意の整数との積もやはり6の倍数です。多項式環の場合は状況が複雑になります。例えば x, y の実数係数の多項式全体を考えまし

よう。このとき、 $x-1, xy+1$ という二つの多項式に任意の多項式を掛けて作られるもの全体、すなわち「 $F(x-1)+G(xy+1)$ と書かれる多項式全体、ただし F, G は x, y の実変数多項式」は明らかにイデアルになっています。このイデアルは $(x+1), (xy+1)$ という2元で生成されているといえます。先の例では6の倍数全体は6で生成されています（実は整数環のイデアルは全て1つの元で生成されます）。環にはその性質によって様々な種類のものがあります。中でも「任意のイデアルが有限生成」という性質を持つ環をネーター環といい、非常に基本的で重要な環です。私の興味の対象は「記号的リース環がいつネーター環になるか？」という問題です。記号的リース環はイデアルの記号的べき乗によって定義される環で、永田雅宜先生によるヒルベルトの14問題の反例の構成に使われ、今日可換環論だけでなく、代数幾何学や組合せ論的可換環論ともつながりの深いとても難しい、面白い対象です。



金属材料の組織制御による高機能化に関する研究



機械工学科 助教 青葉 知弥

赤熱した鋼を叩いて日本刀を鍛える刀鍛冶の姿を見たことがあるでしょうか。学術的な知見の蓄積がなかった状況では、試行錯誤的に日本刀を鍛え上げる工程を組み上げていったと推察されます。現代では、数多の研究者の活躍によって、加工や熱処理をしたときに金属材料の中身（組織と表現されます）がどう変わるのか解析する手法が開発・改良されています。私は、金属材料の組織制御による高機能化に関する研究を行っています。組織制御の手法の一つとして研究しているのが巨大ひずみ加工です。金属材料は加工熱処理プロセスを通して機械的性質を

大きく変えることが出来ます。加工は金属材料の形状を変えるだけでなく、材料組織が変化するため、このような性質の変化が生じます。一般的には、数十%以下のひずみを加えることでこうした調質を行いますが、加工法を工夫することで、数百、数千%のひずみを材料に加えることができます。こうした加工法を、巨大ひずみ加工と呼び、これにより大きなひずみ量を材料に加えることで、通常ではあり得ないような高強度な金属材料を作ることができます。私は、この加工法を取り入れた加工熱処理プロセスと新規材料開発に取り組んでいます。

地域連携・産学連携の記録

公開講座

令和元年度には、以下の公開講座を開催いたしました。多くの方にご参加して頂き、どの講座も大変好評でした。

講座名	実施期間	受講対象者	参加者数
柔道ってどんなもの？	令和元年6月16日（日）	小学生	10名
夏休み子ども工作教室	令和元年7月30日（火）	小学4年-6年生	15名
LED ランタンを作ろう（午前の部、午後の部）	令和元年7月31日（水）	小学4年-中学生	10名
シャフトドライブカーをつくろう	令和元年8月22日（木）	小学生	9名
光の残像でメッセージを伝えよう	令和元年8月23日（金）	小学3年~中学生	10名
柔道ってどんなもの？	令和元年9月29日（日）	小学生	10名
子供プログラミング講座	令和元年10月6日（日）	小中学生	23名
電子オルガンをつくろう！	令和元年10月26日（土）	小学3年生、中学生	10名

出前授業

小中学校等からの依頼を受けて、以下の出前授業を行いました。

講座名	実施担当者	出前授業依頼元	参加者数	
			大人	子供
陸上競技教室～速く走るコツ～	人文学系 坂田 洋満	木更津市教育委員会 清見台小学校 祇園小学校	40名	360名
陸上競技教室～種目別指導（走種目、リレー、ハードル、走幅跳など）～		木更津第一小学校 木更津市立第一中学校 祇園小学校	20名	255名
低温の世界を体験しよう	基礎学系 高谷 博史 佐合 智弘	中郷公民館	10名	17名
すなみ親子体験教室（低温の世界を体験しよう！）	基礎学系 高谷 博史 嘉敷 祐子	周南公民館	8名	16名
コンクリートでモアイ人形を作ろう	環境都市工学科 青木 優介 原田 健二	はまぎんこども宇宙科学館		60名
光について 偏光シートでステンドグラスを作ろう！	基礎学系 高谷 博史 佐合 智弘	西清川公民館	2名	13名
不思議な万華鏡を作ろう！	基礎学系 高谷 博史 佐合 智弘	小櫃公民館		8名
電子オルゴールをつくろう！	電子制御工学科 沢口 義人	袖ヶ浦市民会館		16名
鉛筆オルガンを使った音実験	電子制御工学科 泉 源	平川公民館		19名

レベルアップ講座

技術振興交流会会員の技術力アップを目的として、会員とその家族向けに、木更津高専教職員が企画・実施する講座です。

講座名	講師	対象者	参加者数
卓上レーザー加工機でキーホルダー・はんこ作り	電子制御工学科 関口 明生	パソコンの基本操作ができる方（大人及び小学4年生以上）	5名

キッズサイエンスフェスティバル

展示会名	講師	1回の定員	開催回数
おもしろサイエンス ネオジウム磁石発電機を作ろう！	基礎学系 高谷 博史 福地 健一 嘉敷 祐子 佐合 智弘 佐久間 美紀 近藤 直美	16人	2回
作って確かめる多面体の不思議	基礎学系 山下 哲	10人	2回
不思議な模様が現れるモアレディスクを作ろう	機械工学科 小田 功	8人	3回

展示会名	講師	1回の定員	開催回数
金属探知機を使って宝探し！！	電気電子工学科 飯田 聡子 大澤 寛 上原 正啓 谷井 宏成	16人	3回
電子オルゴールをつくろう！	電子制御工学科 沢口 義人	16人	5回
鉛筆オルガンをつくろう	電子制御工学科 泉 源	12人	3回
こどもコマ大戦コマをつくってみよう	基礎学系 阿部 孝之 会員企業 (有) 光精工	フリー	
こどもコマ大戦木更津高専KSF場所	基礎学系 阿部 孝之 会員企業 (有) 光精工	16人	3回
君にも作れる防犯センサー	情報工学科 吉澤 陽介	16人	3回
とことん壊して分別してみよう	情報工学科 齋藤 康之 (株) トレス環境システム	フリー	
片手でプログラミング	情報工学科 渡邊 孝一 一社) Prane. jpn	2人	6回
片手でプログラミング (簡易版)	情報工学科 渡邊 孝一 一社) Prane. jpn	フリー	
ポーラスコンクリートで植木鉢を作ろう	環境都市工学科 原田 健二	10人	3回
袋ロケットを飛ばそう	教育研究支援センター 藤井 亮	10人	2回
Let'sへら絞り！アルミ板のロクロ加工	電子制御工学科 関口 明生	フリー	
高専ロボコンのロボット展示、操縦体験	ロボット同好会 坂元 周作 伊藤 裕一 関口 明生	フリー	
技術振興交流会、商工会、商工会議所展示コーナー			
木更津高専紹介コーナー	教務係	フリー	

技術振興交流会総会特別講演

	講演題目	講師
総会	環境・社会課題とイノベーション —SDGsへのアプローチ—	千葉医科大学 人間社会部 教授 伊藤 宏一 氏

副センター長就任の挨拶



基礎学系 准教授 阿部 孝之

平成 31 年 4 月より、地域共同テクノセンター副センター長に就任いたしました基礎学系数学科の阿部と申します。専門分野は非圧縮性粘性流体の数学的解析および数学教育です。本校に着任してからは、学級担任や学寮関係の校務を主に行ってまいりました。地域共同テクノセンターの目的である産学連携や地域貢献に関わった経験がほとんどなく、不安を抱えながらのスタートとなりましたが、一生懸命尽力いたしますので何卒宜しくお願い申し上げます。

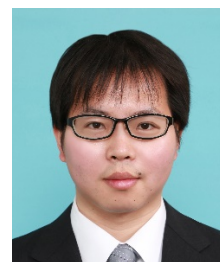
本校で 8 月に開催いたしましたキッズ・サイエンス・フェスティバルでは主担当を務めさせていただきました。学内だけではなく、地域の企業の方々からも様々な興味深いコンテンツを提供していただき、無事に終えることができました。この場をお借りしまして深く御礼申し上げ

げます。このようなイベントや出前授業等を通じて、地域の子どもたちに「ものづくり」や「科学」の面白さを伝えることは、本校に与えられた使命であり、重要な地域貢献の一つであると言えます。今後もイベントの活性化を図るべく、コンテンツの充実や広報活動に努力する所存です。至らない点もあるかと存じますが、ご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

最後になりますが、地域共同テクノセンターの主たる目的である地域貢献について、「地域の皆様と本校がお互いにプラスの影響を及ぼし合う関係となり、末永く継続していくためにはどのようにしたら良いか？」というテーマを常に念頭に置きながら、取り組みたいと思っております。どうぞ宜しくお願い申し上げます。



副センター長就任の挨拶



環境都市工学科 助教 原田 健二

本年度4月より、地域共同テクノ副センター長に就任しました。環境都市工学科の原田です。専門分野はコンクリートです。趣味・特技は折紙で、苦手なことはギャンブルです。

大学院博士後期課程を修了し、本校に着任してから3年目になりますが、実験・実習指導、卒業研究の指導、学生委員を通じての学生指導、部活動の大会の引率、小学生向けの出前授業、キッズサイエンスフェスティバルでの新規講座の実施等、貴重な経験させていただいております。まだまだ、若輩者であるため、今回の地域共同テクノ副センター長の拝命は不安もありますが、新たな経験ができる喜びも感じております。

地域共同テクノセンターの活動内容は、キッズサイエンスフェスティバル・出前授業等の地域貢献、共同研究・受託研究の促進、レベルアップ講座・企業説明会等の技術振興交流会との産学連携などがございます。

副センター長の業務として、毎年3月に行われる技術

振興交流会主催の会社説明会を主担当させていただきます。社会人経験なしで本校に着任している未熟者であるため、会社説明会の準備を進めていくうえで、ご関係の皆様にご迷惑をおかけしないか不安を感じていますが、最善を尽くしていきたいと考えております。

地域連携を進めるためには、本校の教職員だけでなく、本校の多くの学生に地元企業のことを知ってもらうことが大切です。また、学生にとっても、将来の就職のために地元企業をよく知ることは大切です。そのため、技術振興交流会主催の会社説明会は本校と地元企業との地域連携を進めていくうえで欠かせない行事になっていると考えております。会社説明会が、技術振興交流会の皆様と木更津高専の学生たちがWin-Winな関係を築けるような場になるように準備を進めていきたいと考えております。若輩者ゆえ、至らない点が多々あるかと思いますが、ご指導ご鞭撻の程、よろしくお願い申し上げます。



テクノセンターニュース 第33号

2019年10月発行

独立行政法人国立高等専門学校機構 木更津工業高等専門学校
地域共同テクノセンター運営委員会

〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1

電話 0438-30-4032

FAX 0438-98-5717

ウェブサイトURL <http://www.kisarazu.ac.jp>