

Chapter 2

環境活動と環境教育・研究

Chapter_2-1

内外環境の攪乱による次世代影響 ーダイオキシン研究を中心としてー

九州大学大学院薬学研究院
准教授

石井 祐次

はじめに

1968年西日本一帯で見られた奇病は、後に油症とされ、これまでにその治療に向けた研究が行われてきた(1, 2)。油症は、ポリ塩化ビフェニル (PCB) 混入油を摂取したことよることが明らかにされ、その油の中には PCB が熱変性して生成したダイオキシン類が入っていたことが分かっている(3)。図1にダイオキシンのうち最強毒性の2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) と油症の主要原因物質の2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofuran (2,3,4,7,8-PeCDF) の構造式を示す。従って、油症は、ダイオキシン類による大規模な食品中毒事件と捉えられる。55年以上経過した現在なお、苦しんでおられる患者さんがあり、未だ根本的な治療方法は確立されてはいないため、九州大学には油症ダイオキシン研究診療センター(九州大学病院皮膚科)が配置され、問題解決に向けて尽力されている。筆者も全国班、九大班の班員として微力ながら貢献を目指している。油症班に対して、九大薬学衛生では、吉村英敏先生(二代目教授、瑞宝中綬章、2018年逝去)が初期において大変重要な貢献をされ、全国班長も担われた。また、小栗一太先生(三代目教授、瑞宝中綬章、2009年逝去)(4)も、全国班長を担うなど重責を果たされた。さらに、山田英之先生(四代目教授、瑞宝小綬章、2016年逝去)(5)も次世代影響に関する重要な貢献をされた。このテーマであれば、3先生を差し置いて執筆するのはおこがましいが、既に鬼籍に入っておられるので、不肖私が担当させていただきます。本稿では、筆者がこのテーマとの出会いに至る経緯と、現在取り組んでいることについて触れさせていただきます。

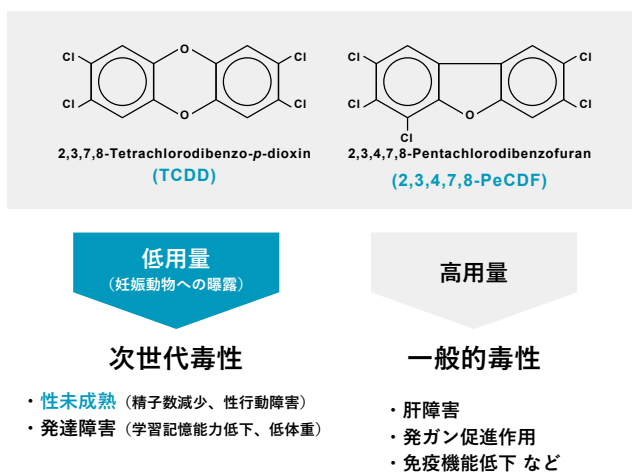


図1 ダイオキシン類による次世代影響

ダイオキシンのうち最強毒性の2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) と油症の主要原因物質の2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofuran(2,3,4,7,8-PeCDF) の構造式

筆者にとってのダイオキシン類研究(入門編)

筆者が油症の研究に興味を抱いたのは、学部学生の頃であり、当時、衛生化学・裁判化学教室を主宰しておられた吉村英敏先生の許で大学院での研鑽を目指し研究室の門を叩いた。ご縁あって、衛生の研究室に入ることが出来、当時、助教授の小栗一太先生の直弟子として、油症研究とは無縁に見える薬物代謝酵素、当時マイナーなUDP-グルクロン酸転移酵素(UGT)の研究に取り掛かった。吉村先生が定年退官され、小栗先生が教授になられた頃、大学院博士課程

在籍中だった筆者は、修士課程の後輩の研究活動をサポートすることになった。当時研究室で着目されていたのは、ダイオキシン様作用を示すコプラナー PCB であった。ダイオキシン類には、polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs)、polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) およびコプラナー PCB がある。コプラナー PCB とは、ダイオキシンのように平面構造を有する PCB のことを指し、広義には、オルト位に一つの塩素置換を有するモノオルトのものまでを含む。コプラナー PCB の中では、3,3',4,4',5-pentachlorobiphenyl (PCB126) が最も毒性が強い (6)。また、ダイオキシン類の毒性に著しい動物種差があり、モルモットは著しく感受性が高いことが分かっていた (7)。その原因は、実は今以って十分明らかになっていないが、その原因を明らかにすることから油症の治療研究に貢献することを目指していた。吉村英敏先生の主宰されていた頃は、コプラナー PCB および主たる油症原因物質である 2,3,4,7,8-PeCDF による薬物代謝酵素、シトクロム P450 1A1 (CYP1A1) および CYP1A2 の誘導が特に着目されていた (8, 9)。その当時は既に、CYP1A1 の誘導作用の強さは、ダイオキシン類の毒性の強さによく相関する事が分かっていた。ダイオキシン類のなかで最強の毒性を示す TCDD (いわゆるダイオキシン) の毒性を 1.0 として、同族体・類縁体にはダイオキシン毒性等価係数 (TEF) が与えられている (6)。上述の 2,3,4,7,8-PeCDF および PCB126 の T E F はそれぞれ 0.3 および 0.1 が与えられている。各々の TEF と存在量の積からダイオキシン毒性等価量 (TEQ) が求められ、その総和から環境中や生体内のダイオキシン類の濃度を包括的に評価する手法が一般化されている。TEF は、ダイオキシン受容体である芳香族炭化水素受容体 (AHR) を介した CYP1A1 の誘導の強さを主な指標としており、AHR がダイオキシンの毒性発現に重要であることは疑いようがない (6)。ダイオキシン類には発がん性があることも分かっている。しかし、物事は、そこまで単純ではない。小栗先生の取られた新たな戦略により、モルモットについてもこれが当てはまるのか検証したところ、ダイオキシンに感受性の高いモルモットでは、ダイオキシン様 PCB である PCB126 による CYP1A1 の誘導はラットほど高くなかった。一方、ビリルビン UGT 活性が著しく誘導された (10)。ラットでビリルビン UGT 活性について調べると逆に抑制されていた。脂肪酸の ω および ω -1 酸化に関与する CYP4A の発現についてもビリルビン UGT 活性の変動と同じ動きをしていた (10)。このように、全貌を捉えるには至らぬまでも、著しい動物種差の原因の一端を掴む事ができた。多くの研究が CYP1A1 に着目して展開されているものの、ダイオキシン類の毒性は多面的であり、その作用を理解するには、これまでとは違うアプローチをする必要があると考えた。当時着目した Weber らの論文がある (11)。彼らによると、ダイオキシンを高用量与えたラットでは、餌を摂取する量が少なくなる。その摂餌量を記録して、同じ量をダイオキシンを投与していない動物に与えた場合、ダイオキシン投与した場合と同じタイミングで死んでいくという。またダイオキシン投与では、糖

新生の鍵酵素ホスホエノールピルビン酸カルボキシキナーゼ (PEPCK) の著しい抑制が関与しているとされていた (11)。筆者らは、これが動物種を超えて共通するならば、より感受性の高いモルモットでは PEPCK が更に強く抑制されるはずと考えた。ラットでは、先行研究を支持する結果が出たが、モルモットにおいては、PCB126 による PEPCK 活性の抑制は見出せなかった (12)。種差の解明は、一筋縄では行かない事が分かった。同時に、筆者らは、ダイオキシン類が影響を及ぼす対象を限定的に捉えずぎていることにも気付かされた。そこで取り入れたのが、二次元電気泳動によるタンパク質発現パターンの変動の解析であった。当時、筆者らの取り組む UGT 研究で二次元電気泳動の技術が確立されつつあった。タンパク質の分離には、SDS-電気泳動 (13) が汎用されるが、二次元電気泳動では、一次元目に等電点電気泳動の改良法である non-Equilibrated pH gradient electrophoresis (NEPHGE) (14) を行ってタンパク質の個々の等電点により分離した後、二次元目に SDS-PAGE を行った。またもや、UGT 研究に支えられた形で研究を展開することになった。現在ではプロテオミクスが様々な解析に活用されているが、当時はそのような状況には程遠かった。手作りの装置を駆使しつつ、シトクロム P450 が発現するマイクロゾームではなく、細胞質ゾルのタンパク質を比較検討した。そうすると、著しく発現変動しているタンパク質を多数見出す事ができた (15)。その中でも発現変動が大きいものは、直接同定を試みた。N 末端がブロックされて解析出来ない場合には、タンパク質スポットのゲル片を集めて、in situ で V8-protease 消化を行い、SDS-PAGE で断片を分離、PVDF 膜にブロットして、エドマン分解によるアミノ酸配列の同定を行った。その中で、PCB126 に著しく誘導されるものとして、Selenium binding protein 1 (Selenbp1) を見出した (16)。ダイオキシン類は発がん作用があり、当時、Selenbp1 の機能が判然としないものの、がんに対して抑制的な働きのあるタンパク質であることが示唆されていたことから (17)、これは大発見に違いないと思った。ただ、筆者らの捉えていたのは、著しいタンパク質発現の変動のみであった。その後、当時学部生だった石田卓巳氏 (現 国際医療福祉大学福岡薬学部教授) がさらに研究を深め、助教の時に Selenbp1 欠損マウスを作製して、特性評価を行っている (18)。Selenbp1 には卵巣における重要な働きがあると推定されるが (18)、ラットやヒトと異なり、マウス肝臓には Selenbp1 に極めて相同性の高い Selenbp2 も発現している (19)。そのため、ダイオキシン誘導性の Selenbp1 が何をしているのか、ダイオキシンの毒性発現に重要なのか、逆に毒性を軽減するための防御的な働きがあるのか、肝臓を中心とした研究では未だ明確になっていない。この点は、今なお、興味が尽きず、引き続き研究対象としている。一方、他のグループから、ヒトの SELENBP1 は、メタンチオール代謝に関与し、欠損すると口臭の原因になることも報告された (20)。最近、筆者らは Selenbp1 欠損マウスを検討する際に Selenbp2 がほとんど発現していない腎臓を用いて研究を行い、Selenbp1 が脂質代謝の制御に関わる

内外環境の攪乱による次世代影響

peroxisome-proliferator-activated receptor- α (PPAR α) を調節していることも示唆している (21)。

筆者は、二年間筑波大学社会医学系の下條先生にお世話になり、その間に、九大薬学衛生では小栗教授から山田英之教授へとダイオキシン研究が引き継がれていた。私も縁あって再度参画させていただくことになった。当時、ダイオキシン毒性軽減作用を有する食品成分等の候補について石田先生を中心に検討が進められており、胃薬の成分の geranylgeranylacetone が高用量ダイオキシンによる消耗症を改善できることが明らかになった (22)。また、クルクミンやケルセチンなど、ポリフェノール、フラボノイドにもある程度の改善作用が認められることが分かった (23, 24)。その中で、ダイオキシン毒性発現機構の研究が続いていた。これに取り組んでいた当時の主力の博士課程大学院生武藤氏 (現 山陽小野田市立山口東京理科大学薬学部准教授) は研究テーマの進捗に悩んでいた。そこで、研究計画の大幅な見直しを行った。山田教授は、乱用薬物の代謝、特に覚醒剤アンフェタミンの代謝に関わる酵素の精製など CYP の研究背景を持ってダイオキシン研究に臨んでおられた。CYP は薬物代謝酵素として有名であるが、薬物のために生体が準備しているとは考えづらく、おそらく内因性物質や食事由来成分の代謝のために準備されていると考えるのが妥当であろう。「ダイオキシンは内因性物質の代謝、ステロイドの代謝を変動させる。」という作業仮説が立てられ、武藤氏はその研究に当たった。また、環境中のダイオキシンレベルに目を向けると、ダイオキシン類特別措置法の施行後は、ごみ焼却炉の改善が進み、環境中に排出されるダイオキシンレベルが激減した (25)。しかし、一方で、ダイオキシン類は難分解性であり、環境中に放出されたダイオキシン類は分解されにくいことに加え、一旦体内に入ると生物学的半減期が長く、排泄されにくい。日本では、ダイオキシン類の耐用1日摂取量 (TDI) を当面4pg TEQ/kg/日とするとしている (26)。油症のようなダイオキシン類への高用量暴露は、今の時代、事故や事件以外では起こり得ない。一方、油症患者にも次世代影響が懸念されている。このような背景から、研究方針を高用量暴露から、環境中に近いレベルの比較的低用量のダイオキシン暴露の研究に変え、次世代影響の研究を開始した。

動物モデルによる周産期および継世代影響

継世代影響は油症患者でも推定されているが、その機構の詳細解析は容易ではなく、動物実験モデルは、この問題解決に有用である。ダイオキシン類は高用量では、発ガン性などの一般的毒性を示すが (27)、これに比べてはるかに低い用量で次世代への影響を及ぼす (28) (図 1)。比較的低用量のダイオキシンで妊娠ラットを暴露することにより、出生児に生殖器官の萎縮 (29) および交尾行動障害 (29, 30) などの性未成熟が生じる。これらの影響は、障害形質が成長後まで残るため問題が大きい (28)。周産期に胎児の脳が適切なレベルの女性ホルモンに暴露することが、脳の雄型への性成熟のために必要であるが、女性ホルモ

ン estradiol の合成には男性ホルモンの供給が必要である (31)。実験動物の性分化の概要は古くより理解されていたものの、その詳細は未だ十分に明らかになっていない。そのメカニズム解明のために、ダイオキシンを用いた研究が有用と期待される。動物モデルを用いた次世代影響に関する知見は、すでに山田英之ら (32)、武田知起 (33) の総説に詳述されている。また、筆者も油症報告に、油症班の取り組みの概要とともに執筆 (2) している。本項では、現在までの成果を含めて動物モデルによる周産期および継世代影響を概説する。一般的な毒性を示すよりも比較的低用量のダイオキシン (TCDD 1 μ g/kg 経口) に妊娠 15 日目 (Gestational day15, GD15) の母ラットを暴露したとき、GD20 の雄胎児では、男性ホルモンであるテストステロンの精巣での合成が低下し、その血中濃度が著しく低下する (34)。これは胎児期に、脳下垂体ホルモンである黄体形成ホルモン (Luteinizing hormone, LH) レベルの低下を介して引き起こされ、胎児期にウマ絨毛性ゴナドトロピン (equine chorionic gonadotropin, eCG) (LH 様ホルモン) を補充することで成長後の性未成熟が正常へと快復する (35, 36)。すなわち、GD15 にダイオキシン暴露した母ラットより生まれた児は成長後、交尾行動障害を惹起するが、これが胎児期の LH 低下によって引き起こされ、胎児期の LH 様ホルモン補充で交尾行動が正常レベルに戻る。また雌児においては、人工甘味料サッカリンを用いた甘味嗜好性がダイオキシン母体暴露により低下するが、正常レベルに戻る (36)。この影響には用量依存性がある (37)。脳下垂体における histone deacetylase (HDAC) の誘導によるエピジェネティックな影響が、ダイオキシン母体暴露による臨界期の雄児の LH 低下作用には関わっており、HDAC1, 5 及び 7 が LH β 発現低下と同時期である出生前後において誘導される (38)。交尾行動障害には、出生後の gonadotropin releasing hormone (GnRH) の低下も重要と考えられ、GnRH の補充は、性行動障害を正常レベルに回復させる (39)。また、ダイオキシン高感受性の C57BL と低感受性の DBA マウスを用いた比較では、DBA マウスでは同じ影響を観察するためにより高用量のダイオキシンが必要であったことから、周産期の児の LH 低下作用に AHR の関与が強く示唆された (40)。母体暴露による胎児の LH 低下作用には用量依存性があるものの、ラットを用いた検討では、ダイオキシン類中で最強毒性を示す TCDD (TEF=1.0) と油症の主要な原因物質である 2,3,4,7,8-PeCDF (TEF=0.3) を比較したところ、後者では relative potency が約 0.02 であり、次世代毒性で捉えた場合、TCDD と同じ影響を及ぼすには既存の TEF では十分説明できず、TEF で見積もられるよりも遥かに高用量が必要であった (37)。前述したように、TEF は主に、AHR を介した CYP1A1 の誘導作用を基にして設定されている (6)。従って、TEF では考慮されていない別の要因を考える必要がある。油症班の先行研究で、ダイオキシン類は CYP1A1 および CYP1A2 を誘導するが、CYP1A2 へ 2,3,4,7,8-PeCDF が高親和性で結合することが分かっており (8)、肝の CYP1A2 が 2,3,4,7,8-PeCDF を留める働きをしていると推定されている。2,3,4,7,8-PeCDF は、他のダイオキシン類より母獣の肝臓に蓄積しやすいと報告されてい

内外環境の攪乱による次世代影響

る(41)。さらに、ダイオキシン類の肝臓への蓄積がCyp1a2欠損マウスでは起こらないことから支持される(42)。PCDD類とPCDF類での児への移行性の違いは、油症患者においても認められており、PCDF類の移行はPCDD類に比べて低いことが示唆されている(43)。ダイオキシンの毒性発現にAHRが重要な役割を示すことは既に述べたが、AHR欠損ラットを作製し(44)、これらの後世代毒性へのAHRの寄与の検証に用いた。AHR欠損ラットの表現形には、ダイオキシン次世代毒性で見られるそれと幾つかの共通点がある。ダイオキシン投与をしていないAHR欠損ラットにおいても、特に、胎児期のLHについては、有意に低下していた。AHR欠損ラットでは出生、成長後に性行動障害が観察され、AHR自身が性成熟に重要な働きを有することがわかった(45)。これらより、AHRがステロイドの合成調節など、恒常性維持に重要な役割をも

ていることが示唆される。周産期において高親和性のリガンドであるダイオキシンが存在すると、AHRの働きが攪乱され、障害性がインプリントされると推定される。低用量ダイオキシン母体暴露によって起こる児のLH低下作用は、AHR依存的事であることも確認された(45)。上述のように、LH様ホルモンeCGを胎児に直接補給することにより、ダイオキシン母体暴露による胎児期のLH低下作用は正常に回復するが(35, 36)、この実験は侵襲的であり、油症患者にそのまま適用することは現実的には難しく、より安全な方法を考えることが課題である。一方、胎児期に、TCAサイクルの必須補酵素 α -リポ酸レベルが視床下部において低下しており、ATP含量も低下している(34)。これに対し、 α -リポ酸を母体へ投与することにより、ATPが正常レベルに戻り、LHレベルも快復し、テストステロンレベルは通常レベルに戻ることが出来る(34)。

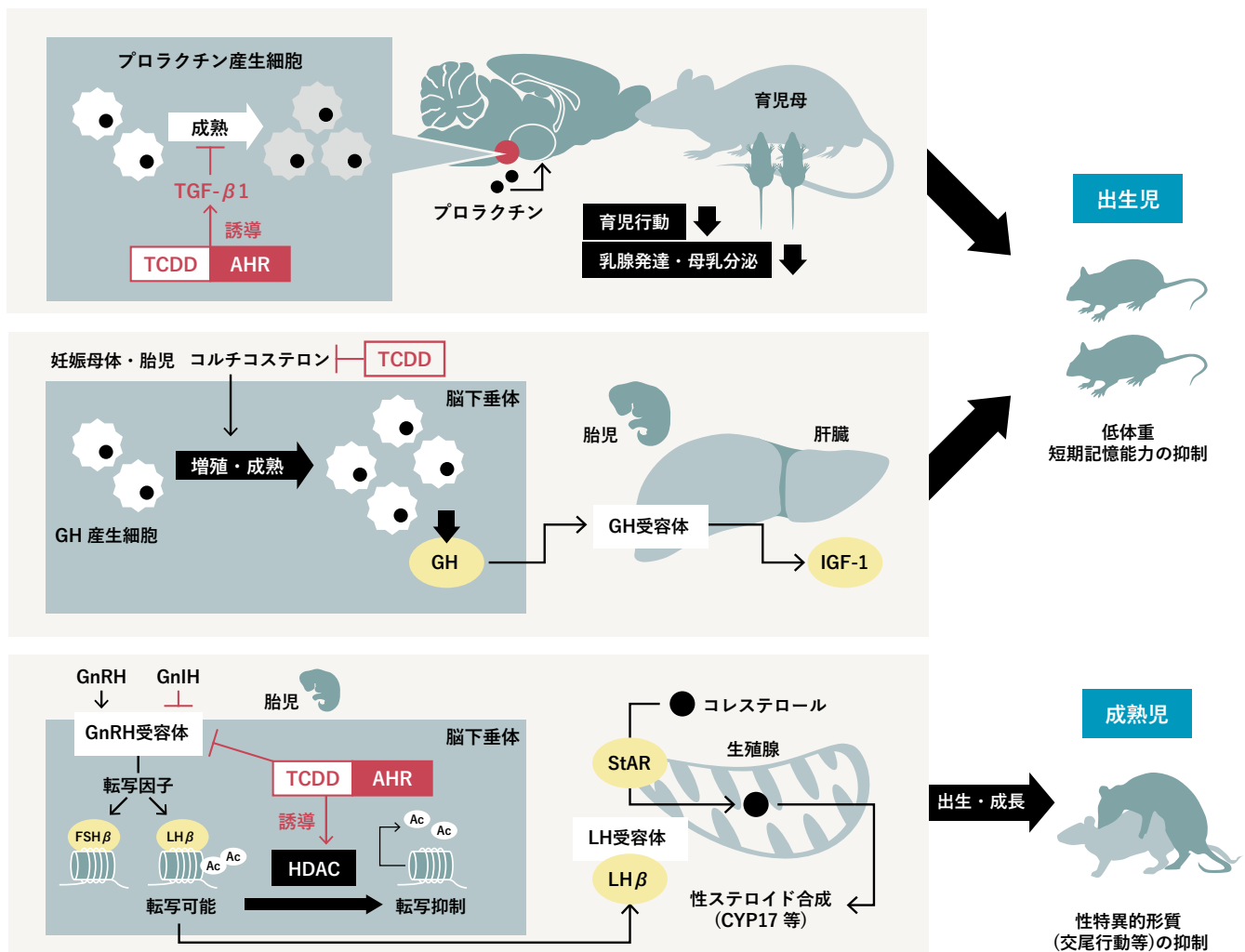


図2 ダイオキシンによる臨界期の次世代影響および周産期の母体への影響(まとめ)

プロラクチン(55)、成長ホルモン(GH)(53)および黄体形成ホルモン(LH)(45)。福岡医学雑誌の油症報告集に2021に掲載したもの(2)を許可を得て転載。プロラクチン1)およびLH2)は、グラフィカルアブストラクトより改変して掲載。1) This research was originally published in the *Biochemical Pharmacology*. Tomoki Takeda, Misaki Fujii, Waka Izumoto, Yukiko Hattori, Takeshi Matsushita, Hideyuki Yamada, Yuji Ishii. Gestational dioxin exposure suppresses prolactin-stimulated nursing in lactating dam rats to impair development of postnatal offspring. 2020; 178: 114106. © Elsevier (55); 2) This research was originally published in the *Biochemical Pharmacology*. Hattori Y, Takeda T, Nakamura A, Nishida K, Shioji Y, Fukumitsu H, Yamada H, Ishii Y. The aryl hydrocarbon receptor is indispensable for dioxin-induced defects in sexually-dimorphic behaviors due to the reduction in fetal steroidogenesis of the pituitary-gonadal axis in rats. 2018; 154: 213-221. © Elsevier (45).

内外環境の攪乱による次世代影響

ダイオキシンの次世代影響は、上述の性未成熟にとどまらない。妊娠ラットがダイオキシンの暴露を受けることにより、出生児に低身長・低体重 (46, 47)、学習記憶能力障害 (48, 49) および社会行動の低下 (50) などに代表される成長遅延も生じる。また、Yusho および Yucheng において出生した子供において低体重 (51) や認知発達の遅延 (52) 等が示唆されている。低用量ダイオキシン母体暴露 (GD15, TCDD 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 経口) では、児に発育障害が惹起される (53)。その機構には、児の成長ホルモンおよび甲状腺ホルモンの低下作用がある (53, 54)。また、母体側要因として、プロラクチン低下による育児能力減退作用がある (55)。成長ホルモンの低下作用は、胎児期に顕著である (53)。成長ホルモン低下作用は、特に雄児の場合は母体のコルチコステロンレベルの低下に起因し、これには、母獣における代謝酵素の変動が関係すると推定される (53)。母獣へのコルチコステロン供給により児は成長障害から快復する (53)。また、雌雄児に共通する成長ホルモン低下の要因として Death associated protein-like 1 (DAPL1) の関与も推定している (56)。ダイオキシンによる育児能力減退作用は、AHR 依存的であり、プロラクチンの母体への補給によって改善されることから、母体側の要因として重要である (55)。また、プロラクチン低下が、出生児の学習記憶能力の低下作用の原因であることも確認された。里親実験を行った際も、この育児能力低下は児がダイオキシン母体暴露を受けたか否かには影響されなかった。従って、育児能力減退 (ネグレクトのモデルとも捉えられる) は母体側に原因がある。母体では、transforming growth factor 1 β (TGF1 β) が誘導されており、プロラクチンの低下への寄与が大きい (55)。但し、ダイオキシン毒性発現に関わる AHR について考えると、ダイオキシン高反応性の C57BL マウスとダイオキシン低反応性の DBA マウスでは、C 末端領域のアミノ酸配列の違いにより AHR の機能が著しく異なるが、ヒト AHR は低反応性の DBA のそれに類似していることが分かっている (57)。また、Wistar 系ラットは C57BL マウスと遜色のないダイオキシン次世代毒性への感受性を示す (37, 40)。従って、基本的な毒性発現機構は共通するとしても、これらの結果をそのままヒトに適用することには、慎重であるべきである。一方、ダイオキシンがヒト次世代の性特異的機能に与える影響が無視出来ないとの指摘は、近年の出生コホート調査からなされている (58, 59, 60)。油症患者では、高レベルのダイオキシン類に暴露していることから、経胎盤および母乳から次世代に移行したダイオキシン類によって継世代影響が起こる可能性、および遺伝子の変異を伴わないエピジェネティックな影響を及ぼす可能性を注視していく必要がある。

おわりに

本研究の特に次世代影響については、山田英之先生のリーダーシップで推進されてきた。厚生労働科学研究費により LC-MS が導入できたことも大きなツールとなった。さらには、油症研究、大型研究費の科学研究費基盤研究 S による後押しも大きかった。武田知起助教 (現 日本バイオアッセイリサーチセン

ター主任研究員) が良く応え、多くの大学院生を励まして獅子奮迅の働きをした。ダイオキシン次世代影響の主要な3つの側面が明らかに出来たのはこれによる所が大きい (図 2)。しかし、大変残念ながら、山田英之先生は 2016 年 2 月に胃がんのため現役で逝去された。次世代毒性の原因の一端は分かった、しかし、その防御法についてはまだ確立されていない。元気な若者を社会に送り出すことに加え、この研究に本腰で取り組むことが、筆者にとって新たなミッションとなった。山田英之先生の主宰された分子衛生薬学分野は、2019 年 7 月から細胞生物薬学分野 (田中嘉孝教授) に合流し現在に至っている。この間、有難いことに筆者は科研費基盤研究 A に 2017 年と 2021 年に連続採択された。油症班の班員にもしていただき、引き続き取り組むことが出来た。これらの支えのお陰様で、学生達と一緒に研究を続けられたことに心より感謝している。元気な留学生も研究に参画し、日本人学生にも大いに刺激になり国際色豊かになった。その中で、内外環境の破綻による次世代影響、性未成熟と発達障害のメカニズム解明と予防を目指して、取り組んでいる。この間、三系統の原因遺伝子の欠損マウスを作製し、機構解析を現在行っている。幸い、最近、 α -リポ酸による性未成熟の改善についての成果をまとめることが出来た (61) (図 3)。 α -リポ酸は、ダイオキシン次世代影響である胎児期から新生児期の臨界期における LH 低下を改善させるが、その機構として葉酸代謝異常の正常化があり、それにより、出生成長後の性未成熟が雌雄で改善することが分かった。これ以外にも臨界期の成長ホルモンの低下や母体におけるプロラクチン低下と育児放棄 (ネグレクト) の問題があり、これらに有効な方法についても現在検討している。これらのメカニズム研究と予防・治療研究を通してダイオキシン次世代影響の解決に、油症の研究・治療に微力ながら貢献していきたい。

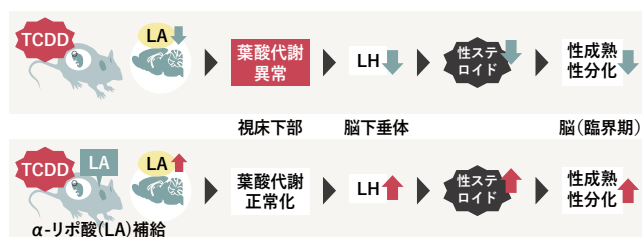


図 3

α -リポ酸はダイオキシンによる胎児期の葉酸代謝異常を改善しダイオキシンによる次世代の性未成熟を雌雄において改善する (60)。グラフィカルアブストラクトより改変して掲載。1) This research was originally published in the *Biochemical Pharmacology*. Ming Yuan, Hiroe Sano, Takaaki Nishino, Hongbin Chen, Ren-Shi Li, Yuki Matsuo, Kyoko Nishida, Takayuki Koga, Tomoki Takeda, Yoshitaka Tanaka, Yuji Ishii. α -Lipoic acid eliminates dioxin-induced offspring sexual immaturity by improving abnormalities in folic acid metabolism. 2023; 210:115490. © Elsevier (60)

紙幅の関係で、お名前を全て挙げることは出来ませんでした。衛生化学・裁判化学教室、分子衛生薬学分野および細胞生物薬学分野 (分子衛生薬学チーム) にてご一緒した学部生・大学院生・スタッフの諸氏に、自由な教育研究環境を提供して下さっている田中嘉孝教授、薬学研究院の教員の皆様に深甚なる敬意を表して筆を置きます。

引用文献

1. 小栗一太ら, 「油症研究」—30年の歩み—, 九州大学出版会, 2000
2. 古江増隆ら, 福岡医誌, 112, 61-89 (2021)
3. Masuda, Y. and Yoshimura, H., *J. Toxicol. Sci.*, 7, 161-175 (1982).
4. Yamada, H., *Drug Metab. Rev.*, 42, 4-5 (2010)
5. Ishii, Y., *Drug Metab. Rev.*, 48, 471-472 (2016)
6. Van den Berg, M., et al., *Toxicol. Sci.*, 93, 223-241 (2006).
7. Gasiewicz, T. A. In *Handbook of Pesticide Toxicology* (Eds. Hayes W. J. Jr. and Laws E. R., Jr.), vol. 3 *Classes of Pesticides*, Captor 18, pp 1191-1269 (1991).
8. 吉村英敏, 薬学雑誌, 111, 737-755 (1991)
9. Kuroki, J., et al, *Chemosphere*, 15, 731-738 (1986).
10. Koga, Y., et al, *Chemosphere*, 28, 639-645 (1994)
11. Weber, L. W., et al, *Toxicology*, 66, 133-144 (1991).
12. Oguri K., et al., *Chemosphere*, 27, 2295-2303 (1993).
13. Laemmli UK. *Nature*, 227, 680-685 (1970)
14. O'Farrell, P. Z., et al., *Cell*, 12, 1133-11411 (1977)
15. 石井祐次, 小栗一太, 第6章3, 油症研究—30年の歩み— (小栗一太ら編), 九州大学出版会, pp 143-162 (2000)
16. Ishii, Y., et al, *Toxicol. Lett.*, 87, 1-9 (1996).
17. Bansal, M. P., et al., *Carcinogenesis*, 11, 2071-2073 (1990).
18. Tsujimoto, S., et al., *Biochim. Biophys. Acta*, 1830, 3616-3624 (2013)
19. Lanfear, J. et al., *Carcinogenesis*, 14, 335-340 (1993).
20. Pol, A., et al., *Nat. Genet.*, 50, 120-129 (2018).
21. Song, Y., et al, *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 5334 (2021).
22. Ishida, T., et al, *Biol. Pharm. Bull.*, 27, 1397-1402 (2004)
23. Ishida, T. et al., *J. Health Sci.*, 51, 410-417 (2005)
24. Ishida, T. et al., *J. Health Sci.*, 50, 474-482 (2004)
25. 山田英之ら, 衛生薬学新論改訂第2版, p 327, 南山堂 (2012).
26. 厚生労働省資料 https://www.mhlw.go.jp/www1/houdou/1106/h0621-3_13.html (最終アクセス 2023.7.15)
27. Poland, A. and Knutson, J. C., *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, 22, 517-554 (1982).
28. Peterson, R. E., et al, *Crit. Rev. Toxicol.*, 23, 283-335 (1993).
29. Gray, L. E. Jr and Ostby, J. S., *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 133, 285-294 (1995).
30. Bjerke, D. L. and Peterson, R. E., *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 127, 241-249 (1994).
31. Carlson, N. R., "Physiology and Behavior," 9th ed., Pearson Education, Boston (2007).
32. 山田英之ら, 薬学雑誌, 134, 529-535 (2014)
33. 武田知起, 薬学雑誌, 137, 1373-1379 (2017)
34. Koga, T. et al, *PLoS ONE*, 7, e40322 (2012).
35. Mutoh, J., et al, *Endocrinology*, 147, 927-936 (2006).
36. Takeda, T., et al, *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 329, 1091-1099 (2009).
37. Taura, J., et al, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 281, 48-57 (2014).
38. Takeda, T., et al, *J. Biol. Chem.*, 287, 18440-18450 (2012).
39. Takeda, T., et al, *Mol. Pharmacol.*, 85, 74-82 (2014).
40. Takeda, T., et al, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 278, 220-229 (2014).
41. Chen, C., et al, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 173, 65-88 (2001).
42. Diliberto, J. J., et al., *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 236, 431-433 (1997).
43. Tsukimori, K., et al, *J. Obstet. Gynaecol. Res.*, 39, 83-90 (2013).
44. Takeda, T., et al, *J. Biol. Chem.*, 292, 10586-10599 (2017).
45. Hattori, Y., et al., *Biochem. Pharmacol.*, 154, 213-221 (2018).
46. Thiel, R., et al, *Arch. Toxicol.*, 69, 79-86 (1994).
47. Myllymäki, S. A., et al, *Toxicol. Sci.*, b, 534-544 (2005).
48. Nishijo, M., et al, *Toxicol. Lett.*, 30, 41-47 (2007).
49. Hojo, R., et al., *Environ. Health Prev. Med.*, 13, 169-180 (2008).
50. Negishi, T., et al, *Toxicol. Lett.*, 160, 233-244 (2006).
51. Tsukimori, K., et al., *Environ. Int.*, 38, 79-86 (2012).
52. Chen, Y. C., et al., *JAMA*, 268, 3213-3218 (1992).
53. Hattori, Y., et al., *Endocrine*, 47, 572-580 (2014).
54. 服部友紀子ら, 福岡医誌, 106, 127-134 (2015)
55. Takeda, T., et al., *Biochem. Pharmacol.*, 178, 114106 (2020).
56. Hattori, Y, et al, *Biochem. Pharmacol.*, 186, 114495 (2021)
57. Ema, M., et al., *J. Biol. Chem.*, 269, 27337-27343 (1994).
58. Grandjean, P., et al., *Reprod. Toxicol.*, 34, 498-503 (2012).
59. Winneke, G., et al, *Environ. Health Perspect.*, 122, 292-298 (2014).
60. Nowack, N., et al, *PLoS One*, 10, e0129906 (2015).
61. Yuan, M. et al, *Biochem. Pharmacol.*, 210, 115490 (2023).

九州大学の環境・安全教育

— 高圧ガスの環境安全教育と適切な取り扱いについて —

九州大学環境安全衛生推進室
高圧ガス等安全管理部門

梅野 高裕

はじめに

近年、地球温暖化や気候変動に対して、世界各国で脱炭素に向けた動きが加速しており、COP26（国連気候変動枠組条約第26回締約国会議）が終了した2021年11月時点で、154か国・1地域が2050年等の年次を区切ったカーボンニュートラルの実現を表明している。各国での表明内容は様々であるが、電化、水素化、CCUS（Carbon Capture Utilization and Storage：二酸化炭素回収・有効利用・貯留）の活用を進めて行くことや、革新的な研究開発に取り組む方向性は世界各国で一致している [1]。日本国内でもカーボンニュートラルの実現を目指し、地球温暖化対策や持続可能な社会の発展に貢献していくため、脱炭素に向けた研究などが推進されている。本学でも、低炭素排出やエネルギー効率の向上などの基礎研究や燃料電池、CO₂の回収・貯留技術など革新的な研究を促進している。また次世代エネルギーとして注目されている「水素」や、将来の医療や電力、運輸等での応用が期待される「超伝導」の分野で高圧ガス（液化ガス含む）を冷媒とした基礎研究や実験、実用化試験などが盛んに行われている。

この高圧ガスは、研究分野に限らず各種工業から食料・医療など様々な分野で幅広く利用されている。例えば、工業分野では鉄鋼、化学、エレクトロニクス産業などで窒素、酸素、アルゴンをはじめ、半導体製造工程で使用される半導体材料ガス等がある。医療分野では酸素ガスや麻酔用ガス。食品分野では食品の保存用として窒素ガス、炭酸飲料やビールには炭酸ガスが使用されている。家庭用ではガスコンロで使用される都市ガスやプロパンガス、化粧品（ヘアスプレー等）の噴出剤にはプロパンガスや炭酸ガス、娯楽・レジャーでは風船などにヘリウムガス、スキューバダイビングなど呼吸用での圧縮空気、冷蔵庫等の冷媒にはフロンガス等が使われている。このように様々なガスが我々の身近に使われ生活には欠かせないものとなっている。

その一方で、高圧ガスの事故は全国的に増加傾向にあり、利用する高圧ガスの危険性や正しい取り扱いなどが十分に理解されていないために起こる事故が絶えないのが現状である。高圧ガスは危険性が高く、災害が起きた時の被害は甚大で、爆発や火災、窒息などで死亡事故を含む重大な事故が発生している。高圧ガスを利用する者は、高圧ガス保安法（以下、高圧法）を遵守し、高圧ガスを安全に活用するためには使用するガスの性質や特徴に関する正しい知識を習得すると共に、安全教育を受ける必要が

ある。更に、周囲の環境を考えた安全な取り扱いや管理、保管などが求められる。

本トピックスでは、高圧ガスを利用する観点から、高圧ガスについて事故の状況や高圧ガスの法的な定義をはじめ、冷媒ガス開発の歴史や地球温暖化・環境問題などを考えるとともに、本学における環境安全教育などを紹介する。また、高圧ガスの安全な取り扱い方（容器や保管方法、寒材の使用上の注意）について、高圧法を交えながら解説し、安全対策への理解を深めたい。

高圧ガスについて

（高圧ガスの事故）

図1に高圧ガス事故の推移を示す（平成元年から令和3年まで）。近年、日本での高圧ガス事故は増加傾向にあり、高圧ガス事故全体で毎年約600～700件、人身事故は毎年数十件が報告されている（最近6年間）。高圧ガス事故の多くは、製造事業所（高圧ガスの製造とは、高圧ガスをさらに昇圧することや容器へ高圧のガスを充てんすること）において発生している。近年の事故件数のうち、噴出・漏えいが約9割を占める（容器の喪失・盗難の件数は除く）。爆発や火災、破裂・破損事故は低水準を維持しているが、事故が起こった時の被害は大きい傾向にある。人身事故は、毎年一定程度発生しており、その原因は人為的なミスによるものが多い。尚、平成19年頃からの事故の増加要因としては、高圧法の事故措置マニュアルの改正により、噴出・漏えいについて事故対象が明確化されたことが挙げられる。また平成26年頃からの事故増加要因は、フロン回収・破壊法の改正（平成25年6月12日公布）により、事業者に対する算定漏えい量の報告、全機器を対象とした日常点検を義務化したことである。尚、令和元年頃からの減少要因については、再度の高圧法の事故措置マニュアルの改正（平成30年12月21日）により、毒ガス以外のガスが締結部等から微小（カニ泡程度）漏えいする事象については事故対象外と規定されたことが挙げられる。

事故の原因分析としては、ハード面の問題は腐食などの管理不良、ソフト面では誤操作・誤判断が多い。これらは、施設や設備の老朽化による維持管理不足、人材不足、技術の不伝承の問題が大きく影響していると考えられる [2]。

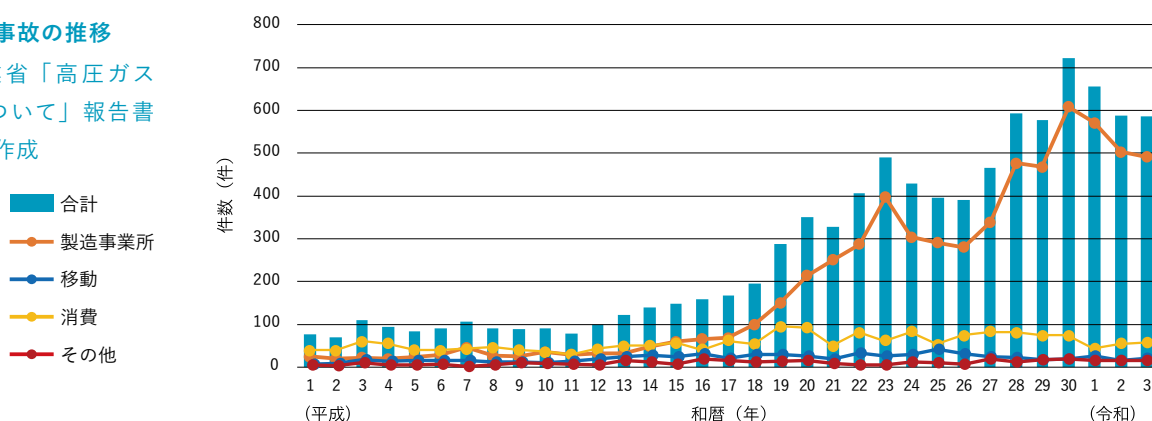
（高圧ガスの定義）

高圧法で定義されている「高圧ガス」とは、常用の温度にお

九州大学の環境・安全教育

図1 高圧ガス事故の推移

出典：経済産業省「高圧ガス事故の状況について」報告書(2023)より筆者作成



いて圧力(ゲージ圧力、以下同じ)が1 MPa(大気圧力の約10倍)以上となる圧縮ガスであって、現にその圧力が1 MPa以上であるもの、又は温度35℃において圧力が1 MPa以上となる圧縮ガスである(圧縮アセチレンガスの場合は、上記の圧力と温度が0.2 MPa、15℃に変わる)。

また、液化ガスの場合は、常用の温度において圧力が0.2 MPa以上となる液化ガスであって、現にその圧力が0.2 MPa以上であるもの、又は圧力が0.2 MPa以上となる場合の温度が35℃以下であるものとされている。その他、35℃において圧力0 Paを超える液化ガスのうち、特に危険なガス(液化シアン化水素、液化プロピルメチル、液化酸化エチレン及び政令で定めるガス)と定義されている[3]。

(ガスの状態による分類)

高圧ガスは取り扱う状態により分類され、圧縮ガス、液化ガス、溶解ガスの三つに分類される。圧縮ガスは窒素、酸素、アルゴンなど様々なガスが圧縮された状態のことであり、上記(高圧ガスの定義)の圧力以上で圧縮されたガスを高圧法上の高圧ガスという。液化ガスは、窒素、酸素などのガスを臨界温度以下に温度を下げ圧力をかけたもので、上記(高圧ガスの定義)液化ガスの条件に合致するものが高圧法上の液化ガスである。溶解ガスには、アセチレンガスなどがある。アセチレンは非常に不安定なガスで、衝撃等を加えると自己分解し爆発の危険性があり、容器(ボンベ)内にアセトンを含ませた多孔質物質が充填され、アセチレンがアセトンによく溶解する特性を利用して充填されている(高圧法では溶解ガスは圧縮ガスに分類される)。このアセチレンのような支燃性ガスがなく単独であっても分解反応によって多量の熱を発生し、爆発するガスを分解爆発性ガスとしており、エチレン、酸化エチレン、オゾン、モノゲルマンなどがこれに属する[4]。

(ガスの性質による分類)

表1にガスの性質による分類[可燃性ガス、支燃性ガス、不燃性(不活性)ガス、毒性ガスおよび特殊高圧ガス]を示す。「可燃性ガス」とは、酸素や空気などと反応し燃焼するものであり光と熱を発生して燃えるガスで水素やアセチレン、アンモニア等がある。「支燃性ガス」は酸素や空気などで、自らは燃焼せずに可燃

性ガスの燃焼を支える働きをする。「不燃性(不活性)ガス」は、そのガス自身も燃焼しない、他の物質を燃焼させる性質を持たないガスで、窒素や炭酸ガス、アルゴン、ヘリウムなどがある。「毒性ガス」とは、人体に有害なガスを意味するが、高圧法で指定されたガス、および空気中に一定量以上存在すると人体に有害なガスとされ、また、毒性ガスは更に腐食性である場合が多く、他のガスと区別して取り扱う必要がある。半導体などいわゆる先端産業において材料ガスとして使用されているガスで、その中には従来使用されていなかった新規のものがあり、極めて高い毒性を持つものも多く、可燃性、自然発火性、分解爆発性などの危険性を持つものがある。そのガスの中で39種類は特殊材料ガスとされ、その安全な取り扱いに関する基準がある。更に、その中で取扱いには特別な注意を要する危険性の高いガスが「特殊高圧ガス」に指定されており、モノシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィン、ジボラン、セレン化水素、モノゲルマンの7種類のガスであり、全て可燃性、毒性を持つ危険なガスである。注意すべき点は、窒素などで希釈されたものであっても、濃度に関わらず特殊高圧ガスであり、ガスを使用する所在地の都道府県等に許可や届出の確認を行ったうえでガスの消費(使用)を開始するなど、その製造、販売、移動、消費などに厳しい規制が課せられている。

可燃性ガスや毒性ガス等が混合しているガスについては2016年に高圧法の一部改正があった。それまでは「爆発限界」又は「じょ限量」をもって定義付けられていた。改正後の混合ガス中の可燃性判断においては、混合物の爆発限界は実測で得られたデータにより判定することや、簡易的に計算により算出する場合の計算式も追加された。一方、混合ガス中の毒性判断については、法律上明示されているガスに加え、毒物及び劇物取締法で規定する毒物のうち、ガス(吸入)で評価された毒物であって、高圧法第2条の定義による高圧ガスであるものと定義付け、混合物の急性毒性の値の計算方法なども追加された[3][5][6]。

高圧法の定義によらないで、またガスの性質(物理的、化学的、生理学的)等により分類されている場合があり(可燃性、支燃性、毒性など)、上記に記した高圧ガスに定義された圧力や温度の範囲外でも、その性質により使用や管理、保管等には十分な注意が必要である。また、ガスの性質による可燃性や毒性でない不活性ガスであっても酸欠による窒息の恐れがあり、また二酸化炭素(炭酸ガス)の濃度によっては人体への悪影響(濃度2~

九州大学の環境・安全教育

表1 ガスの性質による分類

可燃性ガス	一般高圧ガス保安規則で指定されたガス及び イ) 爆発限界（空気と混合した場合）下限が 10% 以下のもの ロ) 爆発限界の上限と下限の差が 20% 以上のもの	水素 (H ₂)、アセチレン (C ₂ H ₂)、 一酸化炭素 (CO)、アンモニア (NH ₃)、 プロパン (C ₃ H ₈)、ブタン (C ₄ H ₁₀) など
支燃性ガス	他の物質を燃焼させることができるガス	酸素 (O ₂)、空気 (Air)、塩素 (Cl ₂)、 一酸化窒素 (NO)、笑気ガス（亜酸化窒素：N ₂ O）など
不燃性ガス (不活性ガス)	そのガス自身も燃焼しない、 他の物質を燃焼させる性質を持たないガス	窒素 (N ₂)、二酸化炭素 (CO ₂)、 アルゴン (Ar)、ヘリウム (He) など
毒性ガス	一般高圧ガス保安規則で指定された ガス及び「じょ限量」が 200ppm 以下のもの	塩素 (Cl ₂)、一酸化炭素 (CO)、アンモニア (NH ₃)、 一酸化窒素 (NO)、二酸化硫黄 (SO ₂) など
特殊高圧ガス	一般高圧ガス保安規則で指定された7種ガス	モノシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィン、 ジボラン、セレン化水素、モノゲルマン

5%で頭痛、めまい、呼吸困難、6~10%で頻脈、頻呼吸、11~17%で意識消失、17%以上で昏睡や死亡）があるなど、様々なガスを取り扱う際には細心の注意が必要である。

(冷媒ガスについて)

冷媒は、熱を低温から高温部分へ移動させる冷凍サイクルの作動流体である。19世紀中ごろから20世紀初頭には、メチルエーテル、エチルエーテル、アンモニアなどが冷媒として使用されていた。これら冷媒は燃焼性や毒性をもつため家庭用としては普及することはなかった。1928年、アメリカにおいて無毒で不燃性であるフルオロカーボン冷媒（炭素とフッ素の化合物：一般的にフロン冷媒と呼ばれる）が発明された。その後、様々な種類のフロン冷媒の開発が盛んに行われた。多くのフロン冷媒は、化学的安定性に優れ、毒性が弱く、燃焼性も高くなく、良好な冷凍サイクルを有しており、それまでの冷媒に代わり、産業用および家庭用の冷蔵庫や冷凍空調などに広く使用され普及した。

しかし1970年代になると、塩素を含むフロン冷媒が大気中に放出されると、化学的に安定な性質のため、成層圏でオゾン層を破壊する原因となることが明らかになり、1989年には塩素を含むフロン冷媒の製造、消費などが国際的に規制された（モントリオール議定書発効）。フロン冷媒の中でもCFC（Chloro-fluoro-carbon：クロロフルオロカーボン）とHCFC（Hydro-chloro-fluoro-carbon：ハイドロクロロフルオロカーボン）がオゾン層破壊物質で、これらの物質を特定フロンと呼んでいる。

その後、1990年代に開発された塩素を全く含まないHFC（Hydro-fluoro-carbon：ハイドロフルオロカーボン）は、オゾン層を破壊しないため、特定フロンの代替物質、一般に「代替フロン」と呼ばれ、盛んに使用されるようになった。

しかし、代替フロンは二酸化炭素の数百倍~数万倍の温室効果があることがわかり、地球温暖化の原因になるとして問題となった。このため、さらなる代替が求められ、2010年以降になり、地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）の低いHFO（Hydro-fluoro-olefin：ハイドロフルオロオレフィン）冷媒が開発され、これらを成分とする混合冷媒の実用化が進められてい

る[7]。

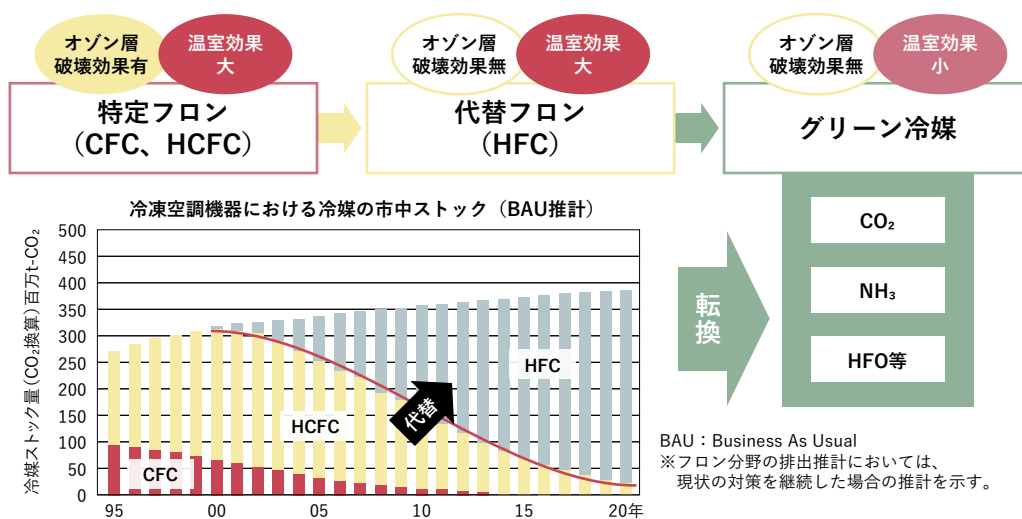
図2に、代替フロンやグリーン冷媒への転換の状況について示す。これまでは冷媒にはその優れた物性からフロン類の冷媒が使用されてきたが、オゾン層破壊物質である「特定フロン（CFCやHCFC）」は「代替フロン（HFC）」に置きかわってきており、日本や先進国では1995年頃までには塩素を含むCFC冷媒は全廃されている。また、日本では2015年に「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」=略称「フロン排出抑制法」が施行され、2020年にはオゾン層破壊物質の特定フロンであるHCFC冷媒は全廃されている。このようにオゾン層保護や地球温暖化対策を背景として、地球温暖化の影響の少ない物質を冷媒として使用する技術開発が進み実用化されている。その代表例が、二酸化炭素やアンモニア、炭化水素などで、いずれも自然界にもともと存在している物質であるため、「自然冷媒」と呼ばれている。アンモニアは毒性や可燃性があり取り扱いに注意が必要なことや、導入費用が高いなど普及が進みにくい状況であるが、地球温暖化の観点からも転換が望まれている。尚、「グリーン冷媒」とは、明確な定義はなく、「自然冷媒」を含むノンフロン冷媒や低GWPのフロン類を指すとされている。今後、高い温室効果を持つ「代替フロン」から、温室効果の小さい「グリーン冷媒」への転換が必要で、現に利用している機器からの排出の抑制も重要である[8]。

地球温暖化・環境問題

(豪雨災害)

日本は地理的に台風の通り道となっていることから、昔から洪水などの被害が各地で起こっており、日本全国で治水工事が進められてきた。本学がある九州では、2017年や2020年の豪雨災害が記憶に新しいが、今年2023年7月には九州北部をはじめ、島根県や秋田県で記録的大雨による浸水や土砂崩れの被害が発生した。九州は国内のほかの地域と比較して台風や梅雨前線の影響を受けやすく、昔から豪雨災害が起こっている。例えば、九州北部の筑後川（阿蘇山を水源として熊本、大分、福岡、佐

九州大学の環境・安全教育



出展：第2回中央環境審議会地球環境部会2020年以降の地球温暖化対策検討小委員会産業構造審議会
産業技術環境分科会地球環境小委員会約東草案検討ワーキンググループ合同会合資料4

BAU：Business As Usual
※フロン分野の排出推計においては、
現状の対策を継続した場合の推計を示す。

図2 代替フロンやグリーン冷媒への転換

出典：環境省 経済産業省、「代替フロンに関する状況と現行の取組について」報告書 (2022)

賀の4県を流れ、有明海に注ぐ九州最大の一級河川：流路延長143 km、流域面積 約 2,860 km²) では、明治以降19の洪水が観測され、そのうち明治22年(1889年)、大正10年(1921年)、昭和28年(1953年)に起こった3つの洪水が筑後川3大洪水と呼ばれ全流域にわたる被害であった。筑後川の治水は、慶長年間(1596年から1615年)の時代に始まり、明治以降の近代的な治水事業がなされていたが、昭和28年の大規模な洪水被害を機に、更なる河川域の連続堤防や水路、ダム整備など河川整備が進められてきた。

しかし、近年の地球温暖化の影響により、豪雨や大型台風などの自然災害が増えており、各地で想定した雨量をはるかに超え、洪水において計画高水位を大きく超過し浸水被害が発生しており、更なる治水工事が必要となってきた [9] [10]。

世界に目を向けても異常気象がもたらす気温上昇や気候変動、大雨や洪水など「100年に1度の災害」といわれる地球規模の自然災害が毎年のように各国で起こっている。パキスタンでは2022年に記録的な豪雨に見舞われ大洪水が発生し、死者は1,700人を超え、3,300万人が被災したと報告されている [11]。

(熱波・干ばつ災害)

地球温暖化の影響は、豪雨だけでなく熱波や干ばつによる自然災害が世界各国で深刻な被害をもたらしている。異常気象を分析する国際研究グループ(WWA:ワールド・ウェザー・アトリビューション)らが今年2023年に公表した報告書では、北米や欧州、中国を襲った熱波について気候変動が大きく影響していると報告されている。2022年夏、欧州では前例のない熱波が襲い、一部地域では、猛暑と同時に異常な空気の乾燥にも見舞われている。この熱波の死者は6万人超と推定する論文も掲載されている(科学誌ネイチャー・メディシンなど) [12]。2023年のインドなど猛烈な熱波で、日中の最高気温が45°C近くまで上昇し、100人以上が死亡したと報告されている。中国北京では2023年の6月の気温が41°C以上となり、上海など中国各地で観測史上最高気

温を記録している。東アフリカでは2023年現在、過去40年間で最悪となる干ばつが起きており、雨季の降水量が5年連続で平年を下回り、干ばつの影響によって東アフリカ全域で推定2,000万人以上が深刻な水不足、食料不足に直面している [13]。

このように地球温暖化による気候変動は、人類だけでなく動植物の生態系にも深刻な影響を及ぼし、世界各地で水問題や食糧問題が発生している。地球温暖化・環境問題への対策は、持続可能な社会の発展と人々の多様な幸せを実現するためにも、早急に進めなければならない人類共通の課題となっている。

九州大学における環境・安全教育

地球温暖化対策として「脱炭素」などの課題解決に向けた取り組みとして、2020年に日本政府から「2050年カーボンニュートラル実現」という目標が掲げられ、カーボンニュートラル実現のためエネルギーや資源、環境等に関する様々な分野での取り組みが推進されている。エネルギー分野でも「脱炭素」に向けた動きが世界的に加速している [1]。大学等の教育機関においても地球温暖化に関する様々な研究がなされており、水素社会実現を加速化するための取り組みや、省エネ・節電など、脱炭素社会実現に向けた「水素」や「CO₂」、「超伝導」などの分野での研究開発が盛んに行われている。但し、それらの研究や実験では高圧ガスや化学物質を扱う実験も多く、重大な事故につながるリスクも内包している。

本学では、学生や教職員の健康と安全を守ると共に、環境保全と法令遵守の観点から、専門知識を有する学生や教職員などの人材を育成すると共に、高圧ガスなどに関する事故の撲滅と安全維持を目指し、教職員・学生に対して、様々な環境・安全教育を実施しており下記にその一部を紹介する。

(環境と安全の講義)

学部教育である「環境と安全」の講義では、環境や化学物質、

九州大学の環境・安全教育

放射線、原子力、高圧ガス、健康といった様々な分野に関する内容を各専門の先生方（7名）に毎週1回、8週に渡る講義で、春学期（4月～6月）を「環境と安全I」、夏学期（6月～8月）を「環境と安全II」として開講している。

図3は2023年6月に伊都キャンパスで行われた環境と安全の講義の様子である。講義内容は、身近な生活環境を考察し、悪影響から身を守る安全活動の目的を考えるとともに、環境問題や心のケアを含めた安全問題の基本的事項の理解を目的としている。講義では大気、土壌、河川、海洋などの環境の有害物質汚染、食品・飲料の汚染、感染症など、さまざまな環境問題や安全問題を取り上げている。これらの問題に上手に対応し、健康被害や事故を未然に防止するためには、科学的に正しい知識に基づきこれらの問題を正しく理解することが重要であること、及びこれらの問題におけるリスクを客観的に評価し、その結果を正しい防止策につなげることを学習している。

（高圧ガス保安講習会）

高圧ガス（液化ガス含む）の取り扱いや実験等に従事するすべての教職員、学生を対象とした高圧ガス保安講習会「高圧ガスおよび低温寒剤を安全に取り扱うための講習会（Seminar for the Safe Handling of High-Pressure Gases and Liquefied Gases）」を開講しており、年に1回の受講を義務付けている。この講習会は、全学の高圧ガス・寒剤利用者が保安に関する知識を深め、高圧ガス・寒剤による酸欠や爆発などの事故をおこさず、実験を安全に行えるよう実施している。講習会は、新型コロナを機に2020年からはe-ラーニングにて通年実施している（留学生及び外国人研究者向けの英語版も同時に実施）。講習動画にて高圧ガス取り扱いに関する基礎知識や保安・法令などについて学習後、理解度確認のための小テスト（10問）に合格すれば本コース受講完了となる。また同時に合格者リストに登録され、低温センターの寒剤発注システムを利用することができる（合格者リストへの登録が必修）。尚、本講習会を受講完了していないと本学内での高圧ガスの取扱いは許可されていない。

更に、講習会合格者の中から希望者を対象に、各キャンパス（伊都、病院、筑紫）にて実技講習会を対面にて実施している（年1回）。図4は2022年11月に行われた実技講習会の様子である。講習内容は3つの項目（高圧ガス容器の取り扱い方、低温寒剤の取り扱い方、配管継手施工）について、本学の低温センター



図3 2023年6月に行われた「環境と安全」の講義の様子（伊都キャンパス）

職員やメーカーの方々が講師となり、実際の高圧ガス容器や液体窒素、配管継手等を使用し、安全な取り扱い方や操作方法などについて詳しく学ぶことができる。

（高圧ガス利用者講習会）

九州大学伊都キャンパスでは、水素の研究教育拠点に相応しい様々な研究開発が進められており、可燃性ガスである水素ガス等を安全に使うための取り組みとして、水素・燃料電池関係の実験施設を利用する全員に対して講習会を実施している。本講習会は上記講習会とは別に開催され、安全講義（座学）と実技講習（実習）を別日程で対面にて実施している。

安全講義（座学）は上記実験施設の利用者全員に毎年受講を義務付けている。受講生は使用する実験室の安全対策や実験を行う際の注意事項・準備事項・心構え、緊急時の対応や措置等について講義を受け、施設の構造や設備、水素検知器、警報等の保安インフラ等の安全対策を学習する。また施設には高圧ガス製造保安責任者の免状を所有する保安員（常駐）を配置し、巡回やガス漏れチェックなど24時間体制を敷いている安全管理についてもソフトとハードの両面から学んでいる。

図5は2023年5月に行われた実技講習（実習）の様子である。座学を受講した希望者に対して行われており、高圧ガス容器の圧力調整器やポータブルガス検知器の取り扱い、配管継手の施工など、機器の操作方法や配管作業を行う際の注意点などをメーカーや保安係員の講師の方々から実践的な実技を学んでいる。



図4 2022年11月に行われた実技講習会の様子

九州大学の環境・安全教育



図5 2023年5月に行われた実技講習（実習）の様子（伊都キャンパス）

（高圧ガス安全工学の講義）

大学院教育として水素エネルギーシステム専攻学生等の必修科目で、毎年6月に集中講義（講義時間90分×12コマ）として実施している。また、留学生を対象とした同一内容の講義「High-Pressure Gas Safety Engineering」も毎年10月に実施している。

講義では国家資格「高圧ガス製造保安責任者」の講習にも使用されているテキストを用い、高圧ガスに関する学識、保安技術および法令を学んでいる。

講義の学識では、高圧ガスの定義や分類、高圧ガスでよく使われる単位をはじめ、気体の性質や熱力学、流動、伝熱、材料力学など幅広く学習する。保安技術では、高圧ガスの安全管理に必要な安全設計・管理や保安・防災設備、運転管理、設備管理などについて技術の習得を目指す。法令では関係する高圧法に則り、法令の目的や高圧ガスの定義、安全対策、行政手続きに必要な基礎的な知識など、高圧ガスを取り扱う上で必要な条例を学ぶ。

尚、上記の各講習会では、高圧ガスの様々な事故事例についても触れ、発生状況や発生原因、安全対策の重要性や安全に対する知識の習得が重要であることを学ぶ。また軽微なインシデントが生じた際には「ヒヤリハット報告書」を提出することも推奨しており、その情報は関係者が共有し、安全衛生会議等で対策を検討するなど対応がとられている。このように安全に実験を行える環境づくりや安全第一に研究できる人材の育成に努めている。

高圧ガスの安全な取り扱いについて

（高圧ガス容器について）

図6に一般的によく使用されている高圧ガス容器の種類とサイズを示す。高圧ガス容器には様々な寸法や大きさ、材質などのもの

がある。代表的な容器は、47 L型（内容積47 L、ガス充填量7,000 L）の鉄製（マンガン鋼）のもので高さ約1.5 m、外径約23 cmである。その容器には14.7 MPa（約150気圧）という高圧のガスが充填されており、ガスの種類により異なるが、充填後の重量はおおよそ60 kgとなる。その他に軽量化が図られたクロムモリブデン鋼製やステンレス鋼製、アルミニウム合金製など少量だが製造されている。昔の古い容器では約80 kgのものも存在する。この内容積47 L容器のガス充填量は、高圧で充填されたガスを大気圧（1気圧）に戻した時には約7,000 Lとなり、体積の単位（立方メートル：m³）で表すと7 m³となる。このことから、47 L型の容器は47 L容器や7,000 L容器、7 m³（リューベ）容器とも呼ばれている。また、国内では高圧ガス容器を高圧ガスボンベと呼んでいるが、海外ではシリンダー（Cylinder）と呼ばれている。ボンベは爆弾（bomb）と間違われるので注意が必要である。

（高圧ガス容器の保管方法）

高圧ガス容器を横倒しで保管して良いかとの問い合わせがあるが、縦置きで保管が原則である。高圧法では「高圧ガス容器には、転落、転倒等による衝撃及びバルブの損傷を防止する措置を講じること」が定められている[14]。この条項に従い高圧ガス容器の貯蔵庫や実験室などでは、床面にアンカー固定された容器立（ボンベスタンド）に上下2か所の鎖チェーン掛け（緩みの無い）固定がなされている。図7に高圧ガス容器の収納方法例を示す。チェーン1本ではダメかという問い合わせもあるが、上記（高圧ガス容器について）で述べた通り、高圧ガス容器は約60 kgの重量があり、1本のチェーンでは地震等の際にボンベスタンドからズレたりして転倒する恐れがある。一旦傾いたら一人では支えきれないほど非常に危険であると認識すれば、上下2か所の鎖チェーン掛けでの固定が理解できると思う。

また、高圧ガス容器の中には、液化ガスを充填している容器があり、これらの容器は横倒しは厳禁である。液体で充填されてい

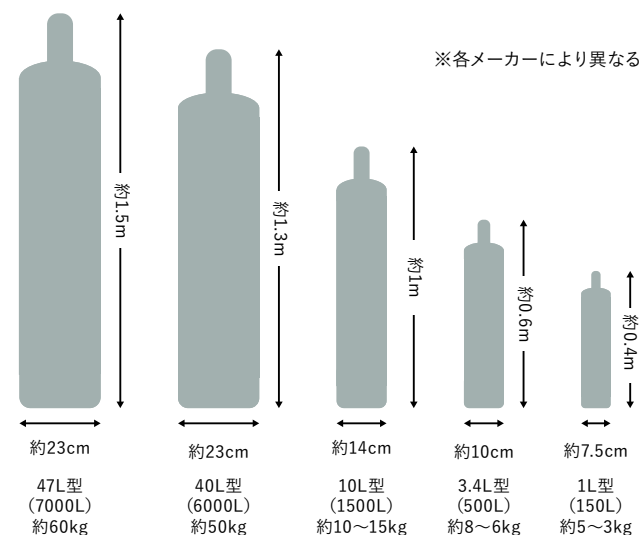


図6 高圧ガス容器の種類とサイズ

九州大学の環境・安全教育

るガスには、炭酸ガスやLPガス、フロン、アンモニア、塩素、酸化エチレン、医療で使用される亜酸化窒素（笑気ガス）などがある。もし横倒して容器の元弁を開けると調整器などに液体が流れ動作不良や異常な圧力上昇を引き起こし大変危険である。また、アセチレンは液体ではないが必ず縦置きしなければならない。アセチレンは非常に不安定なガスで、衝撃等を加えると自己分解し爆発の危険性がある。容器内にはアセトンを含み込ませた多孔質物質（ゼオライト等）が充填されている。これは、アセチレンがアセトンによく溶解する特性を利用している。横倒しにするとアセトン等が流出する危険性があるため縦置き保管や移動が義務付けられている [15][16]。

しかし、全ての場合で横置きが不可ではなく、トラック等での輸送時では横置積載でも運ばれている。高圧法では移動に係る技術上の基準があり、車両への固定方法など細かな基準が定められ安全に運ばれている [17][18]。また、ガス使用量の多い場所で使われている高圧ガスカードル（ガス容器を複数本まとめて枠組みし、ガスの取出口を集約したもの）は横置きされている。このカードルには腐食を避けるために容器間には隙間があり、水滴等を溜めない構造となっている。尚、高圧ガス容器の外面腐食による破裂事故は数多く報告されており、湿気が多い場所や濡れた床面での保管による錆が原因となっている。高圧ガス容器側面は底面より板厚が薄い構造のため、横倒しで濡れた床面などに長期保管した場合には更に腐食の危険性が高まることは容易に想像できる。

少し長くなったが、実は法令では縦置きで保存と指定されているわけではない。では横向き保管でも良いのではないかとと思われるかもしれないが、上記のようなガス種による容器保管の間違い等を防ぐために、九州大学をはじめ全ての高圧ガス事業所では高圧ガス容器の“縦置き保管”がルール化されている。

（寒剤の使用上の注意）

液体窒素や液体ヘリウムなどの寒剤は低温実験でよく使用されている。液体窒素などは取り扱いが比較的容易であるが、その危険性を忘れがちで事故も多発している。実際に、他大学での液体窒素による酸欠での死亡事故や、食品会社で液体窒素タンクが爆発し工場が全壊するという事故も報告されている。液体窒素の沸点は 77.3 K (-196 °C)、液体ヘリウムでは 4.2 K (-269 °C) と極低温である。また、液体とガスの体積比は約 650 ~ 700 倍 (0 °C、大気圧) になるため、凍傷や窒息、容器密閉で破裂などの危険性があり、下記のことなどに注意が必要である。



図7 高圧ガス容器の収納方法

まず、寒剤を取り扱う際

には十分な換気と保護具（乾いた皮手袋、保護メガネやフェースガード等）を使用することが必要である。但し、濡れた皮手袋等は凍って凍傷の恐れがあり、軍手などは繊維に液体がしみ込むので絶対に使用してはならない。

次に、寒剤を運ぶ時の注意であるが、容器は丁寧に取り扱い必要がある。容器に何らかの刺激（振動など）が加わると、突然、爆発したように沸騰し寒剤が噴き出す「突沸」という現象が起きる場合がある。図8に寒剤のエレベーターでの運搬例について示す。寒剤の運搬では、地震や災害、停電等が原因でエレベーター内に閉じ込められた場合に、寒剤と同乗していると窒息の危険性がある。エレベーターでの運搬の際には容器だけ載せ、人が同乗しないように“寒剤運搬中”などの標識を掲げ、人は階段等で移動することが必要である（2名以上の作業）。尚、寒剤を持ち運ぶのに魔法瓶等の密閉容器に入れて破裂したという事故が報告されている。専用の容器を正しく使用し（取扱説明書に従って）、容器閉塞や密閉による破裂を防ぐ必要がある。また台車などで寒剤容器を運ぶ際には転倒の危険性がある。台車への固定方法等に留意し転倒防止策などを講じ、坂道などでは特に注意を要する。

また、液体窒素が充填された容器であっても火災の恐れがある。窒素は不活性ガスであるが、簡易断熱された容器などを長時間使用していると断熱材（発泡スチロールなど）同士の隙間などに空気中の酸素が凝縮し引火する恐れがある。凝縮した酸素が溜まらない構造の容器や装置等を使用することが必要である。

おわりに

高圧ガスは潜在的な危険性が高く、どのような問題事象を誘発するか日ごろからその危険性や安全対策について考えておく必要がある。実験環境下などで、それまで事故が起こっていなければ自身の安全対策は万全だと思っている方も見受けられるが、高圧ガス容器の転倒防止策一つとっても対策が不十分若しくは未対応の場合がある。高圧ガス容器を容器立（ボンベスタンド）にチェーン掛けし保管していても、容器立自体を床面や壁にアンカー固定していない事例などである。

近年で起こった地震では、1996年の阪神・淡路大震災や2011年の東日本大震災、2016年の熊本地震など記憶に新しいが、地震などいつ起こるか分からない自然災害に対して、予め対策を講じることが重要である。但し、どんなに安全対策してもリスクや事故がゼロになるわけではない。建物の構造や地盤、階数、揺れ方など、様々な要因が絡み合った結果として高圧ガス容器が転倒することはあるが、床面や壁にアンカー止めし転倒防止対策済みの容器立（ボンベスタンド）に保管していれば、単独で立てたままの高圧ガス容器に比べれば直ぐに転倒することは避けられ、転倒防止策により避難時間を稼いだり、被害を最小限に留めたりすることができる。

高圧法の目的には、高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造・貯蔵・販売などが規制され、その使用等には保安に関する自主的な活動を促進し、公共安全を確保することと



図8 寒剤のエレベータでの運搬例

定義されており、高圧ガスを取り扱う際には保安に関する自主的な活動が求められている [19]。そのため高圧ガスを取り扱う者は高圧法の定めるところにより、高圧ガスによる事故災害の防止に関し、会社（事業者、大学など）が自ら「危害予防規程」を制定し遵守しなければならない [20]。定める項目は高圧ガスの安全な取り扱いや保安などであり、その高圧ガス取り扱い者（大学では教職員や学生等）に対する保安教育の計画を定め、保安教育の実施も定められている [21]。

今回、九州大学の環境・安全教育と題して、高圧ガスの安全教育や高圧ガスの適切な取り扱い、地球温暖化・環境問題と深い関わりを持つ冷媒ガス開発の歴史などを紹介した。高圧ガスは産業界や我々の生活には必要不可欠であり、高圧ガスを取り扱う上で、リスクの低減や安全対策の重要性などに理解を深めると共に、適切な安全対策や管理、安全教育を実行することが求められる。

謝辞

本トピックスで紹介した各講習会では、高圧ガスメーカーやディーラー、継手メーカーの方々のご支援をいただいた。高圧ガス保安講習会では、福豊帝酸株式会社、大陽日酸株式会社、日本スウェージロック FST 株式会社の方々にお世話になった。高圧ガス利用者講習会では、サーンエンジニアリング株式会社、日酸 TANAKA 株式会社、株式会社朝日酸素商会、株式会社フジキンの方々にお世話になった。また各講義や講習会は、九州大学の工学部技術部、工学部機械系事務室、工学部等事務部支援ユニット、総務部環境安全管理課、水素エネルギー国際研究センター、水素素材先端科学研究センター、低温センター、環境安全センター、キャンパスライフ・健康支援センター、アイソトープ統合安全管理センター、先端物質化学研究所、カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所および伊都キャンパス、病院キャンパス、筑紫キャンパスの教職員、スタッフなどの支援を受けて実施された。ここに感謝する。

参考文献

- [1] 経済産業省 資源エネルギー庁、「令和3年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2022）」、24-41（2022）
- [2] 経済産業省、「高圧ガス事故の状況について」報告書（2023）
- [3] 高圧ガス保安法第二条（定義）
- [4] 高圧ガス保安協会、中級 高圧ガス保安技術、第19次改訂版、3-6（2022）
- [5] 経済産業省、高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）の一部を改正する規定（20161025 商局第1号）、平成28年11月1日施行（2016）
- [6] 高圧ガス保安法一般則第二条（用語の定義）
- [7] 日本冷凍空調学会「上級 冷凍受験テキスト」、第9次改訂、56-66（2022）
- [8] 環境省 経産省、「代替フロンに関する状況と現行の取組について」報告書（2021）
- [9] 環境省、「勢力を増す台風 ～我々はどのようなリスクに直面しているのか～」報告書（2023）
- [10] 国土交通省 九州地方整備局、筑後川水系河川整備計画、1-49（2022）
- [11] 日本赤十字社、公式ホームページ（2023）
https://www.jrc.or.jp/international/results/2023/0327_029899.html
- [12] Nature Japan、公式ホームページ（2023）
<http://www.natureasia.com/ja-jp/research/highlight/14556>
- [13] 世界気象機関（WMO）、年次報告書「気候変動は進行し続けている（2023年4月21日付 WMO プレスリリース・日本語訳）」（2023）
- [14] 高圧ガス保安法一般則第六条第2項第八号（定置式製造設備に係る技術上の基準、容器置場及び充填容器等の基準）
- [15] 高圧ガス保安法第二十三条（移動）
- [16] 高圧ガス保安法一般則第四十八条（移動に係る保安上の措置及び技術上の基準）
- [17] 高圧ガス保安法一般則第四十九条（車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等）
- [18] 高圧ガス保安法一般則第五十条（その他の場合における移動に係る技術上の基準等）
- [19] 高圧ガス保安法第一条（目的）
- [20] 高圧ガス保安法第二十六条（危害予防規程）
- [21] 高圧ガス保安法第二十七条（保安教育）

環境サークル Ecoa の活動

SDGs_Goal



「地球にやさしく、その前に人にやさしく」をモットーに活動する九州大学公認の「環境サークル Ecoa(エコア)」です。大学の学祭で排出されるゴミ削減を目標にゴミステーションの運営、福岡県の大学の環境サークルが集まる「福岡学生エコ会」として地域イベントなどのボランティア活動への参加、捨てられる竹やロウソクを再利用して制作したキャンドルでキャンパスを彩る「キャンドルな伊都」など、環境に配慮した活動を大学内外幅広く行っています。また、それらの活動に活かせるような知識の身に付けや意識向上を目指すべく、環境ドキュメンタリー鑑賞会やエコ検定取得のための勉強会なども行っています。

昨年度はコロナ禍が落ち着いたことから、部員が積極的に活動を探し、紹介、それに参加していくという形で活動数を増やしていきました。また、昨年度は、「SDGs ボードゲーム制作」など環境啓発活動に参加する機会も少しずつ増えました。ボランティアはもちろん、Ecoa ができる活動の幅を大きくしようとチャレンジした1年間だと思えます。ここでは、それらの活動の中でも特に意義を感じられた活動をご紹介します。



Ecoa Action_ 1

清掃活動

Text : 鶴田

エコアの主な活動の一つである清掃活動は、令和4年度には3回行いました。1回目は5月に「NPO 法人 GREEN'S」と「福岡学生エコ会」で開催した「百道浜ビーチクリーン」です。2回目は8月に九大非公認サークル「web3 推進会 Crypto9」と合同開催した NFT を活用したごみ拾い活動です。この活動では、清掃活動をした時に、それを誰にでも証明できる証明書 (NFT) をもらえるという取り組みを実施しました。

3回目は10月に行った公立鳥取環境大学学生 EMS 委員会主催の「JUMP ~日本列島を軽くしよう~」です。こちらは生の松原海岸にて海岸清掃を実施しました。

いずれも他団体との合同イベントで、清掃活動だけでなく、環境活動に関心の高い学生同士の交流も深められる非常に有意義な機会となりました。特に前年度まではコロナによる

規制も多く、交流が非常に少なかったのですが、「福岡学生エコ会」を通じた活動も増え、学生同士の交流の機会が増えました。



海岸清掃 JUMP! の様子

Ecoa Action_ 2

九大祭

Text : 豊村

第 60 回の九大祭より Ecoa は実行委員会の環境局としてごみの削減に取り組んでいます。13 種類のごみの分別の徹底や、2009 年には、バイオプラスチックカップ、竹割り箸などリサイクルできる品目に加え、リユース食器を導入しました。また、廃油やペットボトルキャップの回収、生ごみをコンポストに投入して堆肥化に取り組んでいます。2018 年からリリパックを導入しました。これは使用後に表面のフィルムを剥がすことで洗わずにリサイクルすることができ、環境負荷を最小限にするものです。

令和 3 年度の第 74 回九大祭は対面での開催を断念し、オンラインによる開催となりましたが、令和 4 年度の第 75 回九大祭では、3 年ぶりに対面で

開催することができました。また、九大祭がすべての日程で遂行されたのは 4 年ぶりでありました。これにより、可燃ごみが 1548kg、その他のゴミが 380kg 発生しましたが、分別協力の呼びかけ・確認により丁寧に分別をして処理することができました。令和 4 年度ではリリパックの導入は諸事情により行いませんでしたが今後はリリパックの再導入、九大祭におけるゴミの発生をできるだけ抑制する取り組み等を行い、ごみ減量・環境負荷の減少を目指すとともに、学生の環境意識向上に努めていきたいと思ひます。



1. 九大祭での集合写真
2. 九大祭りサイクルステーション様子

1



2

Ecoa Action_ 3

福岡市環境局との集団回収

Text : 鶴田

前年度から福岡市環境局の方と協議を重ね始めた集団回収を昨年度は通年開催しました。九大生を対象とした古紙・空き缶・古着の集団回収を環境局の方々の協力を得て元浜公園にて実施しました。作年度は 6 月、7 月、9 月、11 月、1 月、3 月の第 2 日曜日に開催しました。

昨年度から本格的に定期開催となり、大学生をはじめ、地元の方々からの資源ごみの回収も回を追うごとに少しずつ増えていきました。広報活動については、Campusmate や大学 SNS にて広報を協力していただ

き、昨年度途中からは、次回実施日を記載した紙袋を、資源ごみを持ってきてくださった方に配布していました。この紙袋に資源ごみを入れて次の開催日に参加してくださる方もいらっしゃり、地域とのつながりも形成されつつあると思ひます。

大学生の回収率は全体の半分ほどであり変化はありませんが、これからも広報活動を続けていく中で、周知されていくと見込んでいます。環境局との連携は現在でも続いており、今年度も既に活動を実施しています。



福岡市環境局との集団回収の様子

Ecoa Action_ 4

環境ドキュメンタリー鑑賞会

Text : 高田

サークル員が環境に関するドキュメンタリーを持ち寄り、それを複数人で鑑賞してその内容について意見交換・対話を行う活動です。主に環境に対する知識付け、意識の向上という目的で行っています。

令和4年度の鑑賞会では、近年深刻化し待ったなしの状況である「気候変動」をテーマに、ある学生団体が主催した政策討論会の動画を視聴しました。動画内では、国政政党の代

表者が、国の目標値や脱炭素における原子力利用の是非について討論を交わしており、自分だったらどのように答えるか、私達も視聴しながら一緒に考えました。

昨年までは、コロナ感染防止のため、オンラインでの開催でしたが、このたび対面での開催を再開しました。サークル内だけでなく、一般の学生も交えて、環境問題について考える場を提供したいと考えています

Ecoa Action_ 5

地域における活動

Text : 鶴田

上記の活動の他にも様々なボランティア活動やイベントに参加しました。

その一つには福岡市東区松島小学校にて開催された「スカイランタン」です。松島小学校にて、地元の小学生を対象にスカイランタンやバルーンを打ち上げるイベントです。Ecoaからは「キャンドルな伊都」で使用した竹を使い、照明をその中に入れるなど会場づくりをお手伝いしました。また、九州産業大学の方とも共同参加し、プロジェクションマッピングも活用した会場づくりをしました。

次に12月頃から、「SDGs ボードゲーム制作」にも携わっています。この活動は「SDGs ボードゲーム福岡実行委員会」と共同し現在も製作中です。日本全国でつくられており、その福岡版の作成の協力をしています

また、私がたまたま参加した「QREC オープンハウス ×こつこつ (CO2CO2) プロジェクト実証実験参加説明会」にて説明を受け、移動の脱炭素アプリ「こつこつ (CO2CO2)」の実証実験に参加しました。このプロジェクトでは、「株式会社

Linkhola」と「糸島市」、「九大」共同のプロジェクトであり、この実証実験に1か月間参加しました。

これまで Ecoa が参加していなかったような活動が増え、視野が非常に広がった1年間だと思います。



スカイランタン



事務支援センターエコセンター

Chapter_2-4

1. エコセンターの設置と目的

エコセンターは、平成 22 年 10 月伊都キャンパスに設置され、日常的に排出される大量の飲料缶やペットボトル等の回収、再生処理及び環境保全業務を行っています。

学内における資源・環境問題に取り組むと共に、九州大学における教育研究活動に貢献することを目的としています。



エコセンター

Chapter_2-4

2. 再資源化処理

資源ゴミ（ペットボトル、飲料缶）は、週3回トラックで伊都キャンパスの分別ゴミ集積所 19 箇所から回収しています。回収したペットボトルは、手作業でキャップやラベルなどの不純物を取り除き、汚れや付着物などが付いているものは水洗いをします。処理後のペットボトルは、再生資源としての付加価値を高めるため粉碎機で細かく砕きフレーク（再生品の原料）にして雑袋に入れ保管しています。（写真 2）

また、飲料缶は手作業により水槽で水洗いをしてアルミ缶とスチール缶に分別します。その後、分別した大量の飲料缶は、まとめて缶圧縮機でブロック（固まり）にします。処理後のブロックは、アルミ缶とスチール缶に分けて保管しています。（写真 3）

[令和 4 年度の売り払い量]

廃棄物	再生資源化物	売り払い量 (単位:トン)
ペットボトル	フレーク	17.12
飲料缶	アルミ塊	2.93
	スチール塊	1.38
合計		18.84

一定数量に達した再生資源化物は、月に1回、成果物としてリサイクル業者へ売却します。前年度の売り払い数量を下表に示します。（写真 4）



ペットボトルと飲料缶を回収



ペットボトルを洗浄



飲料缶を水洗い

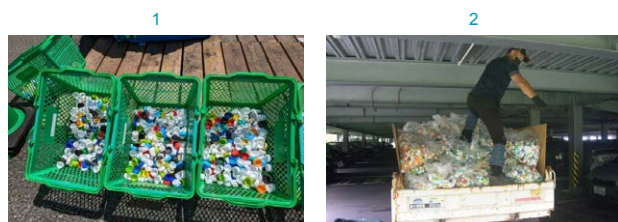


売払う成果物

3. エコキャップ運動

伊都キャンパス環境対策の一環として、ゴミの分別推進、資源の再利用及び社会貢献の観点からエコキャップ運動（ペットボトルのキャップを集めて世界の子どもたちにワクチンを届ける運動。）を平成 21 年 7 月から実施しています。これまで（令和 5 年 4 月現在）に 528.2 万個を NPO 法人「エコキャップ推進協会」に引き渡してきました。（写真 1 2）

キャップを再資源化することで 39,018kg の量の CO₂ を削減することができました。



1 回収後に洗浄したエコキャップ

2 エコキャップの積み込み作業

4. 環境保全

伊都キャンパスの環境保全として、諸行事前の椎木講堂ガレリア前広場の除草、建物周辺の草刈り、雑草取り、樹木植え込みの下草取り、斜面の草刈り、駐車場・駐輪場・バス停の清掃、ゴミ拾い、エコキャップの回収等に取り組んでいます。（写真 1）

また、最近では刈払い機等の導入により、キャンパス内の除草作業を広範囲に渡って積極的に推進し、キャンパス内の、より一層の環境保全に努めています。（写真 2 3 4）



1 広場の除草作業

2 刈払い機での除草作業

3 刈払い機での除草作業

4 刈払い機での除草作業

5. ペットボトル、飲料缶のゴミ捨てマナーについて（お願い）

Request for separation and disposal of plastic bottles and cans

*This document is translated using the AI translator DeepL.

九州大学エコセンター（伊都キャンパス）では、ゴミステーションに出されたペットボトル、飲料缶の回収と再生処理を行い、資源・環境問題に取り組んでいます。

しかしながら、収集用ビニール袋で集められた飲料容器の中には、中身が残った容器や不燃物等（たばこの吸い殻、残飯、生ごみ）が見受けられ、悪臭や衛生上の問題が発生し、それらの容器の洗浄等により本センターでの業務の円滑な遂行に支障が生じています。また、最近ではアルミ缶に不純物を混入させることで爆発等の危険性も懸念されます。

このため、各研究室、事務室、部室等で飲料容器を捨てる際には、必ず中身を空にして軽く中を洗浄し、さらに、ペットボトルについては可能な限りキャップとラベルを外した状態で、また空き缶は中を洗浄するため潰さないで分別ゴミ箱に捨ててください。

みなさまの一人ひとりのご協力を心からお願いいたします。

The Kyushu University Eco Center (Ito Campus) collects and recycles plastic bottles and beverage cans from trash stations to address resource and environmental issues.

However, among the beverage containers collected in plastic bags for collection, we have found containers with the contents remaining in them and non-burnable materials (cigarette butts, leftover food, garbage), causing foul odors and sanitation problems, and impeding the smooth operation of the Center by cleaning these containers. Recently, there is also concern about the risk of explosions and other hazards caused by impurities in aluminum cans.

For this reason, when discarding beverage containers in laboratories, offices, club rooms, etc., please be sure to empty the contents and clean the inside. In addition, please dispose of PET bottles with the caps and labels removed whenever possible, and empty cans in separate trash bins without crushing them in order to clean the inside.

We sincerely ask for the cooperation of each and every one of you.

ペットボトル、飲料缶のゴミ捨てマナーについて（お願い）

【ルールを守らないゴミ捨ての事例】
【Examples of littering that does not follow the rules.】



1 ビール缶と残飯等が同じ袋の中に!!
Beer cans and leftover food, etc. in the same bag!

九州大学エコセンター 伊都 (90) 2445/2446
(Kyushu University Eco Center ITO(90) 2445 / 2446)



2 タバコの吸い殻が入っていた飲料缶
Beverage cans containing cigarette butts



3 飲料缶ではない無分別の不燃物!!
Unsorted non-burnables that are not beverage cans!



4 ペットボトル等と一緒に袋に入っていたビン類
Glass bottles in a bag mixed with plastic bottles

Chapter_2-5

九州大学生生活協同組合の 環境活動

SDGs_Goal



Chapter_2-5

キャンパス内食生活に関わる取り組み

1.CO₂ 排出量削減

令和4年度は、前年に比べ緩和はされましたが、引き続き新型コロナウイルス感染拡大の影響を大きく受けた年でした。生協店舗利用者数は、前年より約52.5万人増の2,648,366人でしたが、コロナ禍前の2019年度と比較すると71.9%の利用者数回復にとどまっています。

総出食数は、昨年より約69.0万食増加し、25.2万食でした。生協食堂全体のCO₂総排出量は422.9tで、1食あたりに換算すると50.7gの減となりました。出食数が回復した事で、調理効率は前年よりは良くなりました。

[生協食堂全体のCO₂総排出量]

	H29	H30	H31	R2	R3	増減
電気	419.3	413.4	232.7	293.3	321.2	27.9
プロパン	23.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
都市ガス	120.0	168.5	65.1	106.4	101.7	-4.7
合計	562.7	581.9	297.8	399.7	422.9	23.2
食数[千食]	2,847	3,302	1,071	1,828	2,518	690
1食あたり	197.66	176.22	278.05	218.65	167.95	-50.7

キャンパス内食生活に関わる取り組み

2. 資源ごみ（飲料容器等）のリサイクル

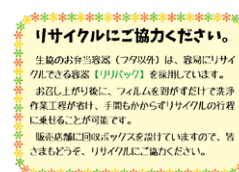
飲料容器（ペットボトル・缶）は、店舗・自動販売機周辺のゴミ箱（回収BOX）でや食堂下膳口で回収を行い、リサイクルできるように取り組んでいます。回収した空き容器は、業者に委託しリサイクルしています。伊都地区では、店舗で回収したペットボトルを九州大学のリサイクルセンターに持ち込みリサイクルしています。また、店舗で排出される紙資源（段ボール・紙類）も貴学へ協力し、積極的にリサイクルしています。

4. 排水・生ゴミ廃棄対策

- ・炊きあげライスや無洗米を使用することにより、環境への負荷が大きい米のとぎ汁の流出を抑えています。
- ・カット野菜の使用率を高め、生ゴミの排出量を抑えています。
- ・伊都キャンパスの食堂では、残飯を堆肥化する装置を導入し運用しています

3. 弁当容器のリサイクル

リサイクル可能な弁当容器（リリパック）の回収率向上の取り組みを、学生と共に進めています。今年度も、コロナ禍で活動制限で、啓蒙活動を満足に行う事ができていません。リリパックの利用数（お弁当の販売数）もコロナ禍以前の数と比べ大きく減っていますが、回収率も下がっています。



5. 割り箸のリサイクル

食堂全店で、利用者の協力のもと、下膳口で割り箸を分別回収しています。回収した割り箸は、洗浄・乾燥させたものをリサイクル工場へ送付し、パルプの原材料として再活用されています。

Chapter_2-5

レジ袋削減の取り組み

九大生協は、2019年夏から『環境中にマイクロプラスチックを排出しない事業』をめざし、レジ袋の有料化、添付していたプラスチック製のスプーン・フォークの木製・紙製への切り替えなどに先行的に取り組んでいます。生協システムの変

更があり、12月以降の数値が取れず年間の比較はできませんが、4月～11月の集計では、レジ袋購入率は利用者対比で1.50%で、昨年より0.55ポイント減少しました。環境への影響を考える利用者が増えたためではないかと考えます。

2022年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計	4～11月	増減
マイバッグポイント	11,822	13,499	16,157	14,244	8,566	7,729	15,387	14,946	102,350	89,001	13,349
対電子マネー率 (ポイント)	9.44%	10.18%	11.29%	10.62%	12.06%	9.77%	10.37%	10.84%	10.53%	11.28%	-0.75%
レジ袋	3,794	3,716	4,196	3,764	2,958	2,447	3,546	3,571	27,992	30,623	-2,631
レジ袋対客数率 (レジ袋)	1.57%	1.51%	1.43%	1.45%	1.96%	1.88%	1.27%	1.36%	1.50%	2.05%	-0.55%
バッグ大	9	4	6	2	2	4	7	21	55	40	15
バッグ弁当	1	1	2	2	2	3	2	13	26	10	16
客数	242,141	245,642	292,538	259,088	150,605	130,169	279,032	262,081	1,861,296	1,495,991	365,305
プリペイド	58,033	59,574	71,475	63,195	37,783	32,861	69,322	65,648	457,891	392,819	65,072
ミールプリペイド	67,193	73,068	71,623	70,974	33,250	46,248	79,124	72,256	513,736	396,299	117,437
電子マネー 利用(回)	125,226	132,642	143,098	134,169	71,033	79,109	148,446	137,904	971,627	789,118	182,509

Chapter_2-6

次世代エネルギー開発と 自然エネルギー活用

SDGs_Goal



九州大学では、水素エネルギー、風力、波力、地熱などの再生可能エネルギー、核融合エネルギー、さらには、現在も世界の各地で利用されている石炭などの炭素資源のクリーンかつ有効な利用に関する研究まで、近未来から将来にわたってのエネルギー研究に総合的に取り組んでいます。

とくに、伊都キャンパスでは、エネルギー問題に積極的に対処すべく、自然エネルギーの活用から次世代のエネルギー研究を包括的に行っています。

次世代エネルギー

水素エネルギー

クリーンエネルギーである水素エネルギーを利用した社会の実現を目指し、(独)産業技術総合研究所や福岡県福岡水素エネルギー戦略会議と連携し、水素に関する基礎研究から実用化を目指した実証実験を展開しています。写真は、伊都キャンパス内に設置されている水素ステーションです。ここでは、水電解方式で得られた水素を水素燃料電池自動車 (CLARITY、MIRAI、新型 MIRAI) に供給しています。



水素燃料電池自動車 左：CLARITY 中：MIRAI 右：新型 MIRAI

次世代エネルギー

燃料電池発電設備

伊都地区にエネルギー供給の多様化の実証施設として、都市ガスを燃料とし、化学反応で発電する燃料電池と、燃焼ガスを利用したマイクロガスタービンにより発電するハイブリッド発電設備 (250 kW 級) を設置し、主に共進化社会イノベーション施設の電力として供給します。また、燃料電池等の次世代エネルギーによる学内への電力供給及びリアルタイムの電力状況を公開し未来エネルギー社会実証実験を展開しています。



1



2

1. 250kW級燃料電池発電設備 2. 九大伊都エネルギーインフォメーション

自然エネルギー

風レンズ型風力発電設備

伊都地区ウエストゾーンに、低炭素社会の実現とエネルギーの安定供給のために、地球環境調和型の自然エネルギーとして、九州大学開発の風レンズ風力発電設備 (応用力学研究所 大屋グループで開発) を設置し、大型化に向けた実証実験を行っています。

風車の発電容量は、計 181kW で、令和 4 年度の発電電力量は約 2.0 万 kWh で構内電気設備に連系しています。



70kW×2 風レンズ型風力発電設備

自然エネルギー

太陽光発電設備

伊都地区に 436kW、筑紫地区、大橋地区、西新地区及び病院地区 (馬出) 134 kW の合計 570kW の太陽光発電設備を設置し、令和 4 年度は年間約 62.7 万 kWh を発電しました。これは、一般家庭約 145 軒分の年間電気使用量に相当します。

(一般家庭一軒当たりの使用電力量約 4,322 kWh/年)



ウエスト5号館屋上の太陽光発電設備

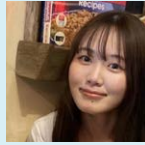


環境問題に取り組む学生の声

Student

九州大学芸術工学部
芸術工学科
環境設計コース1年

藤井 楓



現在の学科・専攻を選んだ理由を教えてください。

私は将来就きたい職業やしたいことが具体的に決まっていません。しかし、設計やデザインに興味があるということをはっきりしていました。その中で、大学を調べていて、九州大学の芸術工学部を見つけ、自分の頭の中にあった興味のある分野がこの学部にとくさん広がっているのだとわかりました。九州大学の芸術工学部は、広い分野を学ぶことができ、進路先も多様であるうえに、芸術工学に対して意識の高い学生や教授との出会いを得ることが出来る、私にとって価値のある環境です。特に私が在籍している環境設計コースでは、建築だけでなく、都市、ランドスケープなども学べるという多様性に惹かれ、このコースを専攻しました。

将来の夢・目標を教えてください。

私は将来インテリア、またはそれらを囲む建物、さらに外側にある公園・街並み・都市などのランドスケープを設計・デザインすることで、人々の生活を充実させたり、感動を与えたり出来るようになりたいです。さらに、エコロジー・持続可能性・資源・文化遺産・グローバル化・地域再生・景観といった近年の懸案に答えながら、設計・デザインできるようになりたいです。まだ具体的な就きたい職業は定まっていませんが、ここで学べる知識や技術を多く吸収し、様々な夢や目標を持った人と会うことで、大学4年間を有意義に過ごし、自分の本当にやりたいものを見つけていこうと思います。

**Student**

**Doctoral course,
Ecological Engineering Lab,
Civil Engineering,
Graduate School of Engineering**

Yawen SONG



Current research

"A study on coastal ecosystem restoration with a view to the problem of marine litter pollution and a proposal for the regeneration of coastal plants" is the research project I'm currently working on.

The accumulation of marine debris along Kyushu's western coast, particularly in Hakata Bay, Tsushima Island, and Goto Islands, has severely damaged the ecological environment and diminished the value of the coast as a tourist destination. This pollution pattern, which is detrimental to nature and aesthetics, has motivated me to consider reducing the source of marine litter and solving the current pollution situation. On the one hand, the sources of marine litter occurrence and its influencing factors in each investigation site are inferred as information reference to control the origin of pollution through the use of macro and micro characteristics, chemical elements, and composition analysis of marine litter samples, and weathering simulation test monitoring of unused plastic debris; On the other hand, an innovative proposal for improving the current pollution status of the coastal environment is the possibility of coastal plant communities as a natural barrier for marine litter to re-invade inland.

So far, we have learned that the abundance of the distribution of coastal litter is influenced by Tsushima Current movements, the geographic position of the survey site, coastal terrain, population distribution density, land use, and other factors. Cross-border litter, such as fishery floats and plastic bottles from China and Korea, and anthropogenic marine debris, such as fishery waste and household garbage, are among the primary sources of litter. The secondary sources, on the other hand, are

pieces of large-size litter that have been broken down by weathering processes, such as foam debris. The majority of marine litter is composed of plastic, which typically contains polypropylene. Particularly *Carex kobomugi*, plant communities have a substantial barrier effect on marine debris, it can be used as a reference species in projects to regenerate coastal vegetation. Different debris accumulates in the plant community in various forms, with foaming-type debris being more likely to accumulate inside the community, and the movement of litter debris also cannot be completely isolated from the dependence on the wind.

Future work

During one of my summer vacations in elementary school, I watched a TV documentary about the destruction of natural animal habitats, which sparked my desire to preserve the environment. Not everyone can seize a dream, but I will keep working hard since I am fortunate enough to have one and the chance to accomplish it.

The most important step toward achieving the goal of zero marine litter is to address the issue of plastic litter pollution. The most effective approach to effectively deal with this issue is to actively encourage a decrease in plastic production and investment in new and replaceable materials while continually diminishing the current pollution level. In my subsequent research, I'll continue to focus on reducing marine litter pollution, especially plastic debris, by conducting weathering simulation experiments, managing weathering influence factors variables to observe the way common plastic products deteriorate, improving the source identification mechanism for marine debris, building mathematical models that simulate how plastic litter weathers, quantifying the inorganic harmful additives produced by weathering, and assessing the degree of marine litter pollution.

For the sustainability of marine resources, people of my generation ought to put forward any attempt to solve the problem of where marine litter comes from and where it should "go" in the hope of finding the answer to the question of where humanity will arrive in the future on the road to environmental protection.

Chapter_2-8

環境関連の公開講座

公開講座_1

九州山地の森と樹木
(椎葉の奥座敷 春の津野岳 (江代山) 散策)

受講者：14名 期間：2022/5/21・22 実施部局：農学部附属演習林 宮崎演習林

SDGs_Goal



日本三大秘境、という言葉に耳にしたことがあるでしょうか？
日本三大秘境の一つである宮崎県椎葉村に、宮崎演習林があります。宮崎演習林では、九州山地の中央部に有する広大な森林(2,916ha)の特徴を活かして、森林育成・保全、地球環境における森林の役割等に関する教育研究を永年にわたり実施してきました。それらの研究成果をもとに、市民の方々に九州山地の森林や樹木、森林動物などの生態的特徴や森と水の係わりに関する知識を深めてもらうとともに、宮崎演習林



津野岳散策 (人工林の観察)

の雄大な自然と満喫していただくため、4年前より、椎葉村観光協会と共催で公開講座を実施しています。

ツアーの1日目は、上椎葉の新しい交流拠点、カテ

リエを利用して講義をしました。椎葉村観光協会のガイドで十根川伝統的建造物群周辺を見学し、周囲に残る巨木のことや椎葉村の歴史について、熱いお話を聞かせていただきました。

2日目は、宮崎演習林内の最高峰、津野岳(1,607m)に登りながら、人工林と天然林の違いや、様々な樹木、シカの採食により裸地化した林床などなど、1日目に聞いたことを実際に確認しました。最後には、苔むした沢で涼をとり、疲れをとりました。

今年は子どもからご年配の方まで、登山初心者から愛好家まで、いろいろな方々に参加していただきました。「一日目の講義で学んだ内容を二日目の現場で確認することができ、勉強になった。」「貴重な話が聞け、普段個人では入れない演習林に入れてよかった。」といった満足の声が寄せられました。このように、椎葉の森のファンを増やしていくことこそが、SDGsを実現する着実な一歩になると信じています。

【宮崎演習林HP】 www.forest.kyushu-u.ac.jp/miyazaki/index.php

公開講座_2

十勝の森と樹木

受講者：11名 期間：2022/7/3
実施部局：農学部附属演習林 北海道演習林

SDGs_Goal



地域に住む市民の皆さんに、森林への興味と環境問題に対する理解を深めていただくことを目的に、高校生以上の幅広い年齢層の方々に参加いただき、十勝地方の森林に生育する樹木と森の成り立ちについて講義を行いました。

十勝のほとんどの里山が農地や牧草地、二次林や人工林に置き換えられた現在、北海道演習林には貴重な落葉広葉樹の天然林も残されています。こうした演習林内の様々な森を歩きながら、樹木の形態の知識とそれをういた種類の見分け方、またそれらいろいろな樹木の生態と森林構造のパターンを学んでいただくほか、座学では図鑑の種類と使用方法や標本の作り方などを学んでいただきました。また、講義内容から演習林での研究教育の意義に至るまでの質疑応答も活発

に行われました。

身近にある雄大な森林で樹木の種類や生態を具体的に知り、「森林は綺麗だな」という気持ちに「こんな所にこのような木があって面白いな」が加わることで、十勝の森林を理解し、今まで以上に森と環境を大切にする気持ちを深めていただくことができました。



公開講座_3

里山森林体験講座 —里山林の多面的機能と持続的利用—

受講者：13名 期間：2022/7/28・29 実施部局：農学部附属演習林 福岡演習林

SDGs_Goal



福岡演習林では、福岡県教育センターと連携し、小中高校の教員を対象に里山の森林を題材にした公開講座を毎年実施しています。

都市近郊型の福岡演習林の特性を生かして実際に樹々や土壌に触れる体験を重視した内容でカリキュラムを構成しており、講座の半分ほどは森林調査などの野外調査実習を行い

ます。

今年度は講師である菱准教授の専門分野である土壌生物に着目した課題を取り上げるなどして、森林が持つ様々な機能とその中に生息している生物、生態系を正しく理解する方法について、野外調査実習で得た情報をもとに論理的に説明し、他者へ適切に伝える方法を習得できるよう講義を行いました。



公開講座_4

中学生の科学の実験教室2022 ①「光から電気を作る 太陽電池を作ってみよう」

受講者：9名 期間：2022/8/11 実施部局：システム情報科学研究院

SDGs_Goal



九州大学システム情報科学研究院では、魅力ある科学教育・地域社会の発展に積極的に貢献するために、毎年8月に中学生を対象にした科学実験教室を開催しています。その中の一つとして、エネルギーについて実験しながら考える「光から電気を作る太陽電池を作ってみよう」というテーマの実験



色素増感太陽電池を作成する様子

教室が行われました。

このコースでは、太陽電池のひとつである色素増感型太陽電池を作りながら、太陽電池について学んでもらいました。

また、電気やエネルギーとは何かというものを、教科書からだけでなく、自分の頭で考えてもらうために、ヒントを出さずに、身の回りの生活品で電池を作りました。

さらに、火力発電・原子力発電等の従来のエネルギー源に代わって太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーが注目されていますが、現状の太陽電池の性能としてのエネルギー源としての可能性と限界や、環境/エコという言葉だけで、森林伐採までして太陽電池パネルを敷き詰める政策等についても、自分で良く調べ、自分の頭で考えることをやめないでほしいと指導しました。

参加学生からは、『自分達で考えて作ると言われ、考えるのが楽しかった』、『実験が体験できたり、自分で電気を身の回りの物で作れたことが楽しかった』と、多くの好評の声が寄せられました。

環境関連の公開講座

公開講座_5

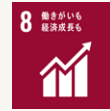
中学生の科学の実験教室2022

②「風で電気を作ろう!!」

～風力発電機を作って発電のメカニズムを学ぼう～

受講者：5名 期間：2022/8/11 実施部局：システム情報科学研究院

SDGs_Goal



「風で電気を作ろう!!」～風力発電機を作って発電のメカニズムを学ぼう～と題し、コイルと磁石を使って発電の原理を理解しながら、風力発電機を自作するコースとして実施しました。

コイル巻き、プロペラ作製などに苦戦しながら、普段当たり前に使っている電気を作る大変さを感じているようでした。また、クリーンエネルギーへと導く技術として、超伝導コイルの磁気浮上実験も体験してもらいました。

左：超伝導コイル磁気浮上実験
右：作成した風力発電機



受講者からは、「原理の説明が丁寧だった」、「自分でいろいろ試せて良かった」といった声が寄せられました。今回の経験がエネルギーや環境問題を考えるきっかけとなることを期待しています。

公開講座_6

地球環境と資源・分析技術の進展

受講者：17名 期間：2022/11/6

実施部局：工学研究院附属環境工学研究教育センター

SDGs_Goal



地球環境問題が深刻さを増し緊急な対策の必要性が叫ばれる中、足元ではロシアのウクライナ侵攻により資源や食料の流れが劇的に変化し、環境問題に及ぼす影響も予測を許さない状況になっています。このような中、「地球環境と資源・

分析技術の進展」をテーマとして公開講座をオンラインで開催し、資源と環境分析に関する2つの講演を実施しました。

講演1では、JICA 国際協力専門員・九州大学名誉教授の渡邊公一郎先生から「カーボンニュートラル下でのクリティカルミネラルと資源 ODA」と題して講演いただき、銅、亜鉛、金、銀、白金族、タン

カーボンニュートラルを進めるための素材・材料製造に必須の元素（クリティカルミネラル）であること、それらの資源は特定の資源供給国（保有国及び加工国）に偏して寡占状態にあること、日本はその安定供給のための堅固な国際的サプライチェーンの構築に早急に取り組むべきこと、等が分かり易く解説されました。

講演2では、九州環境管理協会の川村秀久先生から「環境に関する最近の話題と分析技術の環境分野への応用」と題して講演いただき、硫黄の同位体分析によって様々な環境物質の発生源や遍歴が推定できること、また、福島原発の汚染水処理で発生するトリチウムを含む処理水の海洋放出ではその安全性を保障するための継続的な環境モニタリングが重要なこと、等が解説されました。

なお、本公開講座の参加者数は17名でしたが、半数以上が高校生や高専生の若い人達でした。今後を担う若い人達にアピールする講座を今後ともいろいろ考えていこうと思います。

公開講座

地球環境と資源・分析技術の進展

日時：令和4年11月6日 13:00-16:30 オンライン開催

オンライン開催の弊害により世界の資源の配分が変化している。一方、環境問題も深刻化する状況にあり、今後の世界には早急な対策を講ずることが必要である。資源と環境分析に関する以下の2名の講演による講演を行う。

講演(1)	カーボンニュートラル下のクリティカルミネラルと資源 ODA
講師	渡邊 公一郎 氏 独立行政法人 国際協力機構 人間開発部 国際協力専門員 (シニアアドバイザー)
講演(2)	環境に関する最近の話題と分析技術の環境分野への応用
講師	川村 秀久 氏 一般財団法人九州環境管理協会 技術部 部長

参加費・資料・申し込みは下記センターへ
後日、連絡アドレスを通知します。

CREET 九州大学大学院工学研究院
附属環境工学研究教育センター

〒816-8580 福岡県福岡市東区
TEL: 092-862-2920 FAX: 092-862-2661
http://www.creet.kyushu-u.ac.jp
E-mail: creet@creet.kyushu-u.ac.jp

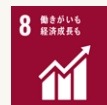
後援：福岡県教育委員会、福岡市教育委員会、糸島市教育委員会

公開講座 5

資源循環、地盤分野、 土木建設分野における DX の動向

受講者：60名 期間：2023/3/9 実施部局：工学研究院附属環境工学研究教育センター

SDGs_Goal



近年、AI、IoT、ブロックチェーンなどのデジタル技術を活用して社会資本や公共サービスを変革するDX（デジタルトランスフォーメーション）が急速に進展しています。そこで、「資源循環、地盤分野、土木建設分野におけるDXの動向」と題して公開講座を開催しました。

講座では、(1) 資源循環、低炭素化の促進に関連する環境分野におけるDX、(2) 地震、洪水等の災害と関連する防災分野におけるDX、道路工事等の建設分野に関するDXの導入や活用状況等について、最新の動向が紹介されました。本公開講座は、アクロス福岡での対面会場と、ZOOMによるオンライン会場のハイブリッドにより実施され、合わせて約60名の参加があり、当該テーマへの関心の高さがうかがえました。

受講者からは、我が国におけるDXに関連する制度や、技術開発の方向性、アプリケーションの実例等に関する多数の質問がなされ、講師から適切な解答が得られました。



講演の様子

新聞に報道された環境活動

2022年4月～2023年3月

カテゴリー	内容	新聞社	月日
1 環境保全	エビ養殖池の汚泥で発電、裕幸計装、ベトナムで実証 (九州大学などと新システムを開発 電力の安定供給と環境保全に活用)	日経産業新聞	R4.4.7
	福岡県城南高生 海洋保全学ぶ 九大うみつなぎプロジェクトに参加 漂着物アートや清掃体験	西日本新聞	R4.7.6
	漂着ごみ清掃、安全な海に 一般社団法人「maiPLA」 代表理事 宮崎 幸汰さん (九州大学 学生)	西日本新聞	R4.9.5
	流水型ダム 過去の洪水で水位試算 九州豪雨時 標高256メートル=熊本 (環境保全対策検討委員会 委員長 楠田哲也・九州大学名誉教授)	西部読売新聞	R4.10.18
	ツバキの実採取 製油者の高齢化進む ツーリズムで課題向き合う 九大研究者 市民ら検討「協力の仕組み作り」(九州大学 清野聡子准教授 生態工学)	長崎新聞	R4.11.24
	<変化への適応> “自慢の博多湾”を未来へ 福岡市 (「博多湾NEXT会議」会長・川口栄男 九州大学名誉教授の活動)	日刊水産経済新聞	R5.1.1
	源じいの森30年 将来展望考える 赤村でシンポジウム (朝廣和夫九州大学准教授 緑地保全学)	西部読売新聞	R5.2.20
2 エネルギー開発	福岡県 産学官で水素エネ推進 県や九大などが新組織設立	西日本新聞	R4.8.30
	洋上風力周辺の風を予測 東ガスと九大がシステム 発電効率や耐久性向上	日本経済新聞	R4.10.13
	30日から九州大エネウィーク 最新研究を発信 (再生可能エネルギーやカーボンニュートラルに関する最新の研究成果を発信)	電気新聞	R5.1.25
3 地球温暖化・省エネ	九州大 高分子接着剤の仕組み解明 溶接代替で省電力へ	NIKKEI	R4.10.20
	損保ジャパン【国内初】森林由来のカーボンクレジットに関する補償を提供 (九州大学 馬奈木俊介主幹教授)	新日本保険新聞	R4.12.16
	NaturalCapital CO2削減クレジット取引組織設立 33社参画 (馬奈木俊介理事長=九州大学教授)	日刊工業新聞	R5.1.17
	汚泥由来の水素活用へ本腰 福岡市「自家消費」拡大も (市や西部ガスなどをつくる協議会九州大学と連携協定を締結し、低コスト化研究を開始)	琉球新報	R5.1.28
	九大、酸化物電解質を低温焼結 全固体電池コスト低減	NIKKEI	R5.2.2
	九大がエネルギー講演会 米のFCV(燃料電池車) 現況など	日刊産業新聞	R5.2.3
九州水素フォーラム 水素活用で現況報告 CN実現のカギ (講演 佐々木一成・九州大学副学長)	プロバン・ブタンニュース	R5.2.27	

カテゴリー	内容	新聞社	月日
3 地球温暖化・省エネ	【アンカバード】カーボンクレジット 大きな商機 (一般社団法人「ナチュラルキャピタル」 理事長九州大 馬奈木俊介教授)	産経新聞	R5.3.3
	CO2吸収し排出枠販売 九大、自治体と相次ぎ連携	日経	R5.3.17
	フッ化物イオン電池 EV用、現容量の10倍に 日本 実用化へ先行 (九州大学、トヨタ自動車、日産自動車など25者が参加する国のプロジェクト)	日本経済新聞	R5.3.17
	九大と山形大 「プロトン導入反応」構造を初解明 燃料電池のコスト削減に向け反応温度引き下げへ	日刊自動車新聞	R5.3.20
	CO2回収技術 装置化へ実証 九電、九大・双日と	日本経済新聞	R5.3.25
4 資源・リサイクル	我が家のプラごみ、リサイクル パケツになり手元へ 福岡・大木町で実用化へ【西部】 (開発に関係した九州大学 近藤加代子教授)	朝日新聞	R4.5.31
	九州電力、火力発電所跡地を資源循環拠点に 早大などと連携 (サーキュラーパーク九州 九州大学などが賛同)	電気新聞	R4.7.27
	総合商社 金属トップに聞く 双日 金属・資源・リサイクル本部長 松浦修氏 リサイクルなどで新事業 供給網に寄与する案件参画 (九州大学と大気中のCO2を直接回収しFT合成でエタノールなどの化学物質の製造技術の実用化)	日刊産業新聞	R4.8.24
5 その他	「全固体ナトリウム電池」(資源制約のない)実現へ 電極形成法を開発 850度の低温化焼結 九州大学(工学研究院 林克郎教授ら)	日刊電波新聞	R5.1.20
	食と農 理解深める 学生ら参加し講座 JA福岡中央会など (九州大学 比良松道一准教授)	日本農業新聞	R5.3.16

Chapter 2-10

環境・安全教育

1. 新入生に対する環境安全教育

入学時に全新入生を対象に、身近に発生するトラブルや事故を未然に防ぐための普段からの心がけや初歩的な対応をまとめた冊子「学生生活ハンドブック」を配布しています。



学生ハンドブック

<https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/education/life/pamphlet/>

2. 九州大学安全指針

教育企画委員会の下に設置した「教育における安全管理専門委員会」では、体験型教育研究活動等における教職員及び学生の安全管理や事故再発防止を目的に「教育における安全の指針」を配布しています。



教育における安全の指針 1. 野外活動編(令和3年10月改訂) 2. 学外活動編(令和3年10月改訂) 3. 実験室活動編(令和3年10月改訂)

教育・研究活動における安全管理

<https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/faculty/safety/>

3. 各部署の環境安全教育

各部署においても、独自に「安全の手引き」、「安全の指針」を配布し、環境・安全教育を実施しています。詳細は各部署の環境報告書をご参照ください。

4. 環境安全センター

【化学物質取り扱い等に関する講習会】

第4章化学物質の適正管理をご参照ください。

5. 環境安全衛生推進室

【安全衛生セミナーの開催】

本学における安全衛生推進のために必要な知識と情報を提供することを目的として、令和4年度は、以下の安全衛生セミナーを開催しました。(全てe-ラーニング)

対象	内容	開催日	参加人数
作業主任者及び作業管理監督者等	職場の事故防止(作業主任者の役割)	R4.10.3～11.30	198名
衛生管理者及び衛生管理業務に従事する職員等	職場の事故防止(衛生管理者の役割)	R4.10.3～11.30	171名
総括安全衛生管理者、部長等及び事務系役付職員等	ストレスチェック実施後 職場環境改善研修	R5.2.1～3.17	186名

【高圧ガス及び低温寒剤を安全に取り扱うための講習会】

環境安全衛生推進室及び低温センターでは、毎年度寒剤を含む高圧ガスを利用する教職員・学生を対象に、高圧ガス保安法に基づく保安講習会を、キャンパスごとに実施しています。令和4年度は、基礎知識を学習する講習会をeラーニングで

実施し、ガスボンベや低温寒剤、配管継手の施工について、実際に体験して正しい取り扱いを学習する実技講習会を対面にて実施しました。

対象	内容	開催日	参加人数
学内にて高圧ガスを利用する教職員・学生全て	高圧ガス及び寒剤の基本知識の講義 (eラーニング)	R4.5.20～R4.12.23	日本語受講者 1,125名 英語受講者 73名
e-ラーニング合格者のうち希望者	実技講習会(対面)	R4.11.29及び11.30	伊都地区 20名 馬出地区 5名 筑紫地区 5名 英語(伊都地区) 5名

6. 環境関連の授業科目

ここでは、本学部の全学部生を対象として開講されている「基幹教育」における授業科目を紹介します。

部局等	科目
基幹教育	<p>文系ディシプリン科目 地理学入門、The Law and Politics of International Society</p> <p>理系ディシプリン科目 身の回りの化学、生命の科学A、生命の科学B、生物学概論、集団生物学、生態系の科学、地球科学、最先端地球科学、地球と宇宙の科学</p> <p>高年次基幹教育科目 環境問題と自然科学、環境調和型社会の構築、グリーンケミストリー、地球の進化と環境、生物多様性と人間文化A、生物多様性と人間文化B、遺伝子組換え生物の利用と制御</p> <p>総合科目 水の科学、身近な地球環境の科学A、身近な地球環境の科学B、伊都キャンパスを科学するI(軌跡編)、伊都キャンパスを科学するII(現在編)、伊都キャンパスを科学するIII(展望編)、糸島の水と土と緑、体験的農業生産学入門、放射線とは何だろうか?、教養の放射線科学と原子力I、教養の放射線科学と原子力II、大気と海洋の環境学入門A、大気と海洋の環境学入門B、森林科学入門、水圏生態環境学入門、環境と安全I、環境と安全II、少人数セミナー(自炊塾)</p>