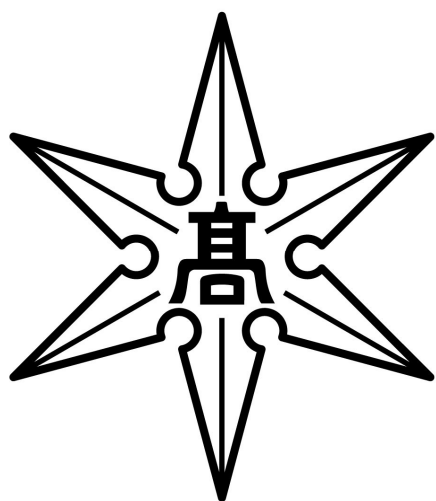


「**義一第**」で世界に挑め！  
日本を牽引するイノベーション人材の育成  
令和6年度文部科学省SSH指定校

令和6年度MC課題研究Ⅲ

# 理数科3年 課題研究論文集



## 新潟県立高田高等学校

個人情報保護の観点から生徒名は削除して公開しています

## 課題研究論文集発刊に寄せて

新潟県立高田高等学校長 梶本 敏郎

本校は、平成25年度に初めてスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受け、科学技術人材の育成に取り組んできました。今年度、第Ⅲ期の指定を受け、研究開発課題を「『第一義』で世界に挑め！～日本を牽引するイノベーション人材の育成～」とし、これまでの活動をさらに発展させるよう取り組んでいます。

3年生理数科の生徒は第Ⅱ期指定のもと、1年次に高田城址公園フィールドワークや理数科科学セミナー、上越サイエンススタディ、先端科学技術講座などに参加し、2年次には新潟大学出前講座やつくば研修などに参加するとともに、SSHにおける中心的な活動である課題研究に本格的に取り組みました。

課題研究については、2年次の7月に「課題研究テーマ発表会」を実施し、テーマ設定の背景や目的、これまでの実験結果や今後の調査計画を発表しました。その後、質疑応答の意見などを参考にして研究を進め、12月には「課題研究中間発表会」を実施し、理数科1年生と普通科理系2年生のほか、運営指導委員や上越市内の医療関係者の方々との質疑応答や専門的な見地からの助言を参考に、さらに研究を進めました。3年次には、4月、高田城址公園オーレンプラザを会場に「理数科課題研究発表会」を開催し、これまでいただいた助言などを生かして深めた研究の成果を、理数科1、2年生と普通科3年生を聴衆として、サマリー発表とポスター発表を行いました。発表では、生徒からだけでなく専門家の方々からの質問にどう答えるかに苦労したのではないかと思います。発表会后、それまで受けた質問やアドバイスを参考に課題研究の成果をまとめました。3年生にとって、この課題研究への取組や聴衆の前での発表は、将来、大学での研究や社会活動に必ず役立つと確信しています。

本論文集は、生徒が自分の興味や関心に基づいて課題を設定して仮説を立て、情報やデータを収集してそれらを整理・分析した結果をまとめた、課題研究の論文集です。中には不十分な部分もあるとは思いますが、後輩をはじめとした今後課題研究に取り組む者にとって、テーマ設定や先行事例として役立つことを期待しています。

結びに、課題研究を進めるにあたり、運営指導委員の皆様、大学等の研究機関や医療機関、地元企業の皆様、科学技術振興機構及び新潟県教育委員会の皆様をはじめ、多くの関係者の方々から、熱心なご指導とご助言、温かいご支援をいただきましたことに深く感謝申し上げ、課題研究論文集発刊の挨拶といたします。

# 目 次

|   |                                 |    |       |    |
|---|---------------------------------|----|-------|----|
| 1 | 巻頭言                             | 校長 | 槁本 敏郎 | 1  |
| 2 | 目次                              |    |       | 2  |
| 3 | サイエンスコース生 研究論文                  |    |       | 3  |
| ① | $k(n)=a^3+b^3=c^3+d^3$ の一般解について |    |       | 4  |
| ② | 振動数と水面の液滴の残存時間の関係について           |    |       | 7  |
| ③ | 液状化現象における物体の浮上と沈下の条件            |    |       | 11 |
| ④ | エンクロージャーの違いによる音の変化              |    |       | 14 |
| ⑤ | ライデンフロスト現象について                  |    |       | 17 |
| ⑥ | 自然由来の界面活性物質について                 |    |       | 21 |
| ⑦ | シュウ酸ビスを用いた間接型化学発光               |    |       | 24 |
| ⑧ | 生分解性プラスチックの分解条件                 |    |       | 30 |
| ⑨ | メダカのカフェイン耐性について                 |    |       | 35 |
| ⑩ | メダカ受精卵の黒色素胞形成と照度の関係             |    |       | 37 |
| 4 | メディカルコース生 研究論文                  |    |       | 41 |
| ① | 睡眠と高校生                          |    |       | 42 |
| ② | 新型出生前診断と人工妊娠中絶に関する課題            |    |       | 45 |
| ③ | 首都直下地震を生き延びるための災害医療現場づくり        |    |       | 48 |
| ④ | 破綻しないへき地医療を作る                   |    |       | 53 |
| ⑤ | 授業中の眠気の原因とその対策                  |    |       | 59 |
| ⑥ | 上越地域の地域医療について                   |    |       | 61 |
| ⑦ | 日本で安楽死を行うとすると                   |    |       | 66 |
| ⑧ | 障がい者差別の対策案                      |    |       | 68 |
| ⑨ | 医師法第17条改正と診療参加型臨床実習             |    |       | 69 |
| ⑩ | 僻地医療の課題とその解決策                   |    |       | 73 |
| ⑪ | 医療倫理問題と向き合うために                  |    |       | 76 |
| 5 | 編集後記                            |    |       | 78 |

# サイエンスコース生 研究論文

# $k(n)=a^3+b^3=c^3+d^3$ の一般解について

理数科 3 年

I wondered if it would be possible to find a general solution for the cab numbers in the famous episode of Ramanujan, the world-famous Indian mathematician. As a result, I was able to grasp the general trend and expectation, but was not able to find a general solution.

## 1 要旨

世界的に有名なインドの数学者であるラマヌジャンの有名なエピソードに出てくるタクシー数において一般解を求めることができないかと思った。その結果としては全体的な傾向や予想を掴めはしたものの一般解を求めるには至らなかった。

## 2 序論

タクシー数というのはインドの数学者であるラマヌジャンの師匠である人物であるハーディがラマヌジャンに会いに行く時に乗車したタクシーのナンバーである 1729 が特徴のないつまらない数字だったと言ってきた 1729 に対して、1729 は二つの自然数の 3 乗の和として 2 通りで表される最小の数だと言ったことによる、二つの自然数の 3 乗の和として  $n$  通りに表される最小の数である。そこで  $k=a^3+b^3=c^3+d^3$  ( $k, a, b, c, d$  は自然数) と設定し、これの一般解を求めたいと思った。

## 3 実験方法

### 【実験 1】

与式  $k=a^3+b^3=c^3+d^3$  のうち  $a^3+b^3=c^3+d^3$  の変形により  $(a^3+b^3=c^3+d^3) \Leftrightarrow (a+b)(c+d)=(c^2-cd+d^2)(a^2-ab+b^3)$  になることが分かる。この式変形の結果からから  $a+b/c+d$  の値を散布図と折れ線グラフに表し変化の様子を観察し、何か傾向を得られないか調べる。

### 【実験 2】

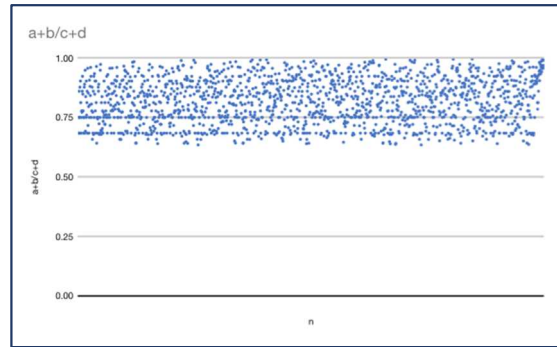
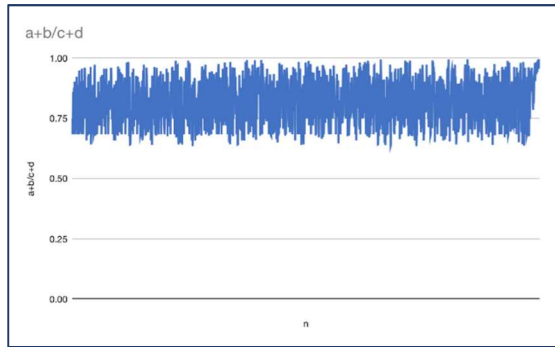
$a, b, c, d$  についてそれぞれの  $n$  ごとによる値 ( $n$  番目の  $a, b, c, d$  を  $a(n), b(n), c(n), d(n)$  とする) とその時それぞれ何番目の  $a, b, c, d$  かを表す数  $n$  を軸とした折れ線グラフを作りその  $a, b, c, d$  の増加傾向に何か規則性がないかを調べる。

なお今回の実験 1, 2 双方で参考文献としたサイトのタクシー数の一覧には  $n=1600$  までしか記されていなかったなので実験 1, 2 双方で  $n$  の範囲は  $1 \leq n \leq 1600$  とした。

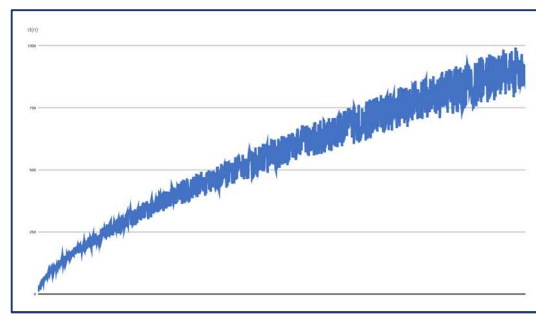
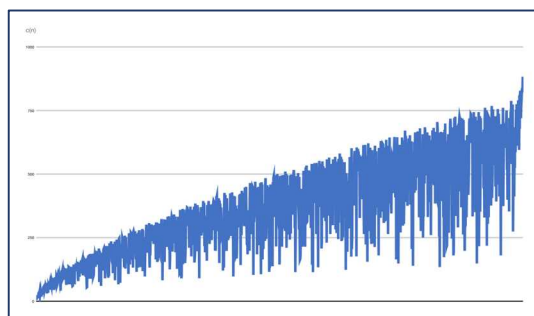
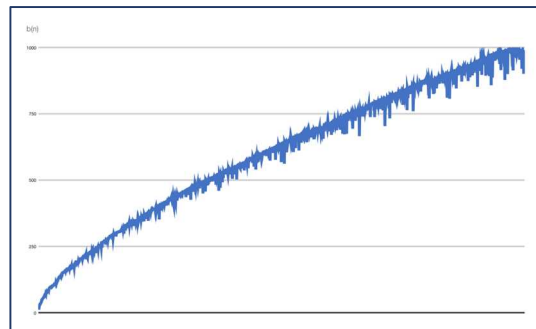
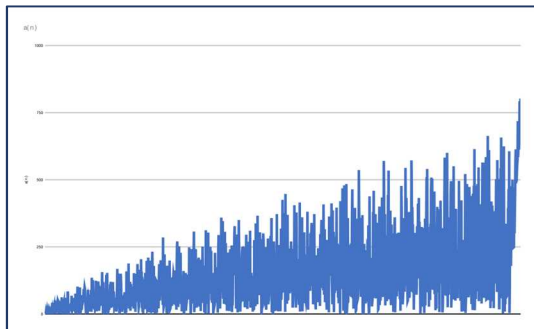
## 4 結果

実験 1, 2 双方の結果は以下のグラフ通りである。実験 2 において左上, 右上, 左下, 右下の順に  $a(n), b(n), c(n), d(n)$  であり、それぞれの  $a(n), b(n), c(n), d(n)$  においてグラフ内で表せる最大値はいずれも  $a(n), b(n), c(n), d(n) \leq 1000$  である。

### 【実験 1】



### 【実験 2】



## 5 結果, 考察

### 【実験 1】

分布図では定義した値  $a+b/c+d$  が 0.6~1.0 程度に固まって分布していることが確認でき、いずれの値も 0.5 を下回らず 1.0 を超えることはなかった。そして一部の値が点線として集合しているように見えた。しかしそのいずれも分布図からはその変化の規則性を定義するまでには至らなかった。同様に折れ線グラフでは前後の値の変化に分布図と同じく規則性は見られなかった。

### 【実験 2】

傾向として、 $a, c$  は前後の値と激しい増減を伴いながらも全体的には増加している。 $b, d$  双方は共にはある値の前後との差が  $a, c$  より小さく  $a, c, b$  は  $d$  よりよりその傾向が強い。全体のグラフの概形から  $y=p\sqrt{n}$  ( $p$  は定数)、または  $y=q\log[r](n+1)$  ( $p, q, r$  は定数,  $[r]$  は  $\log$  の底)の無理関数または対数関数のいずれかでグラフの規則性を詳しく定義できると仮説をたてた。

$f(n)=p\sqrt{n}$  ,  $g(n)=q\log[r](n+1)$  とし、前後との値の差が激しくない  $b(n)$  について考えると

$$f(n)-t \leq b(n) \leq f(n)+t \quad g(n)-t \leq b(n) \leq g(n)+t \quad (t \text{ は定数})$$

のように、(無理関数) $\pm$ (定数)または(対数関数) $\pm$ (定数)で表されると考えた。また  $b(n)$  を含め  $a(n), b(n), c(n), d(n)$  の全てにおいて前後との差が  $n$  の値が増えていくにつれなお激しくなると考え、 $t(n), t'(n), t''(n), t'''(n)$  をそれぞれ  $n$  で表される関数とすると、

$$\begin{array}{ll} f(n)-t(n) \leq a(n) \leq f(n)+t(n) & g(n)-t(n) \leq a(n) \leq g(n)+t(n) \\ f(n)-t'(n) \leq b(n) \leq f(n)+t'(n) & g(n)-t'(n) \leq b(n) \leq g(n)+t'(n) \\ f(n)-t''(n) \leq c(n) \leq f(n)+t''(n) & g(n)-t''(n) \leq c(n) \leq g(n)+t''(n) \\ f(n)-t'''(n) \leq d(n) \leq f(n)+t'''(n) & g(n)-t'''(n) \leq d(n) \leq g(n)+t'''(n) \end{array}$$

のように、(無理関数) $\pm$ ( $n$  の式または(対数関数) $\pm$ ( $n$  の式)で表されるとも考えた。

しかし  $a(n), b(n), c(n), d(n)$  において全て無理関数と対数関数の概形と合わずいずれも途中で大きく外れることがわかった。よってこれらの仮説は成り立たないと判断した。

## 6 今後の展望

今回の研究では先行研究の情報が少ない中で、手探りしながら出来ることを試した。全体的な傾向や予想は掴めたものの、その証明までは至らないことが多かった。詳しい条件の設定や新しい条件の設定、根本的なデータ量を増やすなど様々なことを試しながら今後も研究を続けていき、何か新しい規則性などを発見し、それらを元に一般解を導いていきたいと思う。

## 7 参考文献

タクシー数の一覧 (list of Taxi-cab numbers) - 理系のための備忘録 <https://science-log.com/%>

# 振動数と水面の液滴の残存時間の関係について

理数科3年

We experimented to investigate the relationship between the frequency of waves generated on the water surface and the time that droplets remain on the surface when dropped. The results revealed a periodic relationship between the frequency of the waves and the droplets' retention time on the surface.

## 1 研究目的

水面に液滴を滴下した際に、直ちに崩壊するわけではなく、液滴を覆う空気層によって一定時間その形状が保持されることが知られている。私たちは、水面に波を発生させることで、空気層の更新を誘発し、長時間液滴の形状を保持できるのではないかと考えてこの研究を行った。

## 2 使用器具

- ガラス容器（内径 120mm）
- 発振器
- スピーカー
- 注射器
- 注射針（内径 0.50mm）
- メスシリンダー
- カメラ 2 台（FPS960、FPS1200）
- スタンド

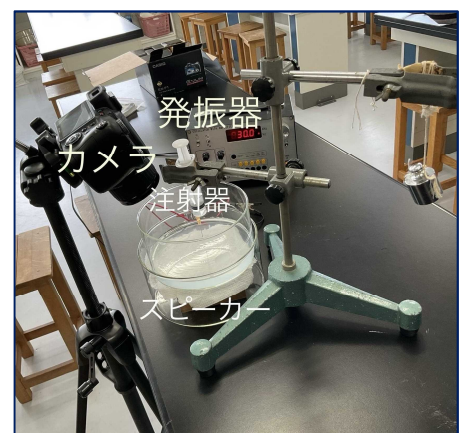


図 1

## 3 研究方法

界面活性剤を添加した水を容器と注射器の双方に入れて、容器の下にスピーカーを設置し、発振機を用いて振動数を変えながら水面に波を発生させ、そこに液滴を滴下し何秒残るのかを測る。

- (1) 図 1 のように器具を設置する
- (2) 注射器と容器に水と洗剤（界面活性剤の質量パーセント濃度 55%）の体積比 100 : 4 に調整した溶液を入れる
- (3) 注射針の先端が液面から 1.0cm の高さになるように設置する
- (4) 滴下量が一定になるように分銅を用いて滴下する
- (5) 10Hz ずつ振動数を変えながら、液滴を、注射器を用いて滴下する
- (6) その様子を動画に撮る
- (7) 動画からそれぞれの振動数での残存時間を計測する

## 4 予備実験

本実験の前に予備実験を行った。

- (1) 界面活性剤溶液の上に同じ溶液を一滴ずつ滴下する。
- (2) 液面を振動させて、液滴が液面に残っている時間を計測する。
- (3) 振動数を変えて残留時間との関係を調べる。

## 5 予備実験 結果

図2より振動数が40Hz、90Hz、120Hz前後で平均残存時間が長くなった。またこの振動数以外では、著しく残存時間が短くなった。これは特定の振動数による水面の形状が、液滴が長時間残存することに適していると考えられる。

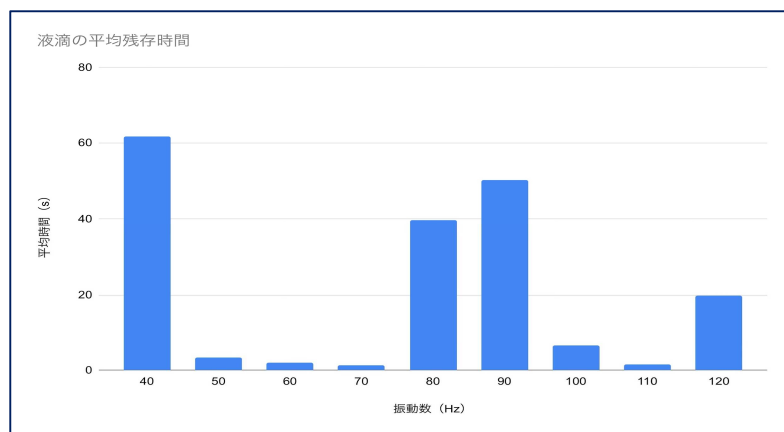


図2

## 6 本実験 結果

①それぞれの振動数(Hz)に対する液滴の残存時間の平均時間(s)

仮説 予備実験から、40Hz、90Hz、120Hz 前後で長時間残存する。

結果 図3より実験から90Hzと130Hzにおいて残存時間が長くなった。しかし、前回と異なり40Hz前後まで短くなった。

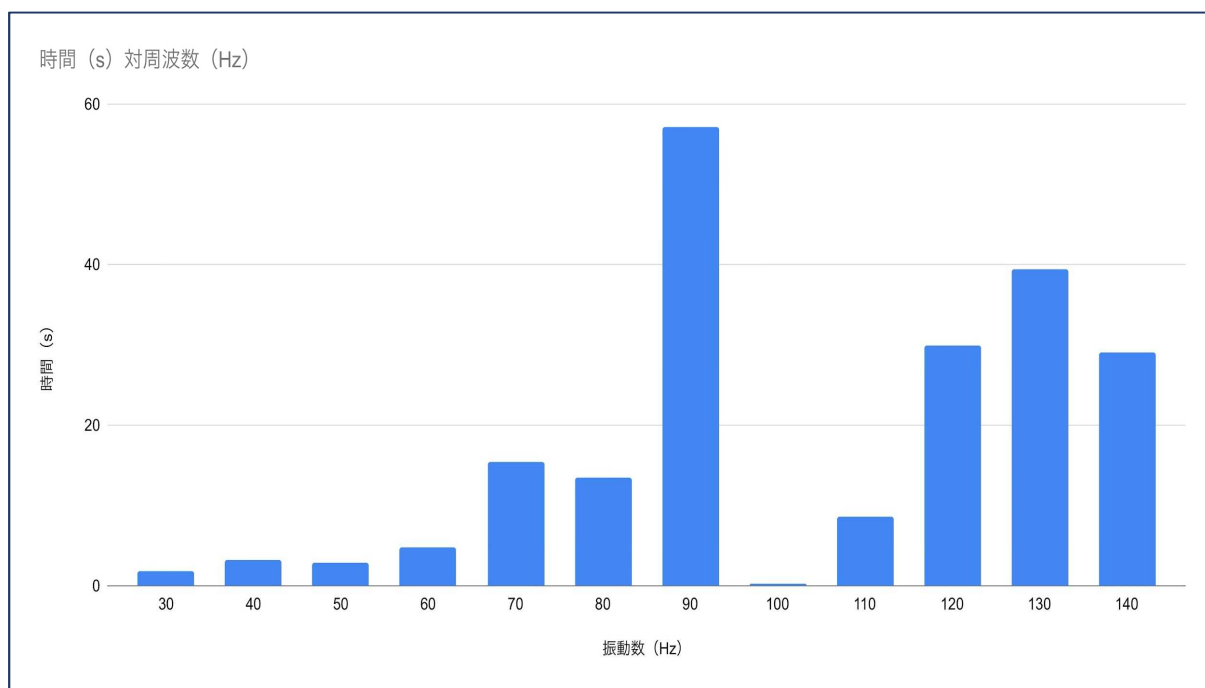


図3

②液滴が段階的に小さくなっている時の状態。

結果 図4より液滴は段階的に小さくなるわけではなく、一度水面に吸収された後に新たに小さな液滴が発生していた。またそれは溶液と液滴が混ざった液滴が、液面に残存するということである。



図4

### ③収縮の段階と残存時間

仮説 液滴を球形と仮定すると、半径が小さくなると体積に比して表面積が大きくなり、相対的に表面張力が強く働き残存時間が長くなると考えられる。

結果 図5より残存時間の比が一定になるような事は無かったが大きい液滴よりも収縮が発生した後の小さい液滴の方が残存時間が長いという傾向が見られた。

| 90Hz | 大     | 小      |
|------|-------|--------|
| 1    | 1.54  | 19.78  |
| 2    | 2.47  | 39.38  |
| 3    | 0.19  | 41.76  |
| 4    | 1.34  | 16.11  |
| 5    | 1.39  | 43.04  |
| 6    | 15.43 | 86.04  |
| 7    | 1.18  | 101.82 |
| 8    | 1.61  | 4.63   |
| 9    | 0.14  | 9.35   |

図5

## 7 考察

①前回の結果と合わせて考えると、周期性がある事がおよそ明らかになったと言

えるだろう。結果の差については、実験時にスピーカーの振動によって容器のずれが発生したために、波面がきちんと同心円状にならなかったのではないかと考えられる。また、周期性が存在する理由については以下の2つの理由が考えられる。1つ目は容器の形状から、定在波が発生するような波長になる振動数が存在するという説。2つ目は水の流速に応じてその直前の空気の対流が発生し、空気層が液滴下で残りやすくなるという説である。

②液滴の収縮については、現象が液滴を滴下した時のものと類似していることから、静止状態だと考えていた時にも波によって打ち上げられ、空気層により滞空し、空気が徐々に液滴の左右へと流出していき、接水後、崩壊前に再度打ち上げられるといったような一連の流れが繰り返されていたものと考えられる。液滴が水面に接している際にすぐに崩壊しない原因は、加えた界面活性剤の疎水基同士の反発によるものと考えられる。界面活性剤を増やした場合、この反発は大きくなるだろうが、一方で液滴の形状保持のための表面張力をも弱めてしまう可能性があるため、適量の調査が必要である。

③仮説の通り、液滴には重量（体積）に対して表面張力がより強く働くので、小さくなるほど残存時間が長くなったと考えられる。しかし、今回は実験時に発生した収縮の前後での計測であったために、始めから小さな液滴を滴下した際に同様の結果が得られるのかどうか調べる必要がある。

## 8 結論

実験結果から、周期性の存在についてはおよそ明らかになったものと考えられるが初回の実験においてのものと40Hz付近での計測結果が異なったことから確証には至らなかった。液滴の水面上でのふるまいについては、空気層の働きで接触しないことが残存する条件と思われたが、実際には液面から打ち上げられるような形で長時間の残存を可能としていた。

## 9 展望

小さい液滴で滴下した場合の残存時間の変化を計測したい。  
またこの実験結果の応用方法についても調べていきたい。

## 10 参考文献

唐澤 政弘、界面活性剤水溶液の動的表面張力に関する研究

<https://niigata-u.repo.nii.ac.jp/records/5160>

ミルククラウンに関する研究 郡司博史(京大理)・石井秀樹(東大新領域)・斉藤亜矢(京大医)・酒井敏(京大人環)

[https://www2.nagare.or.jp/mm/2003/gunji/index\\_ja.htm](https://www2.nagare.or.jp/mm/2003/gunji/index_ja.htm)

Drops on Drops on Drops

<https://youtu.be/KZ5ZLPWasrM?si=pWuyhSWZ3dcdQEjW>

ハイスピードカメラ(高速カメラ)撮影映像「水滴の落下」

[https://youtu.be/aqaoS7N0e80?si=zPZW\\_X4TNuGB2cCr](https://youtu.be/aqaoS7N0e80?si=zPZW_X4TNuGB2cCr)

## 11 謝辞

私たちに惜しみなく助言をしていただき、実験に用いた材料を揃えていただいた高田高校教諭 渡部先生。

実験に用いたハイスピードカメラを用意していただいた上越教育大学教授 小川佳宏様。

お二方の協力によって私たちは研究を進めることができました。この場をもってお礼申し上げます。

# 液状化現象における物体の浮上と沈下の条件

理数科 3 年

We conducted an experiment to investigate the difference between objects that float and those that sink during liquefaction and the extent to which this difference depends on the conditions of the liquefaction. As a result, it was inferred that the density of an object determines whether it floats or sinks, and that the degree of floating or sinking depends on the density and shape of the object

## 1 要旨

液状化現象の際に浮上する物体と沈下する物体の差異や、その程度はどのような条件によるものかを探ろうと思い実験を行った。その結果、物体の密度によって浮くか沈むかが決定され、物体の密度、形状によって浮き沈みの程度が変化することが推察された。

## 2 研究目的

大地震のときに起こる液状化現象では、家屋が沈下する一方で水道管やマンホールが浮上することが知られている。浮上する物体と沈下する物体の相違点や浮き沈みの程度を調べようと本実験を行った。

## 3 研究方法

力学台車にばねを取り付け、力学台車が振動するようにした(図 1)。使用したばねのばね定数は  $60\text{N/m}$  であり、自然長は  $6.0\text{cm}$ 、実験時の長さは  $20\text{cm}$  とした。力学台車の上に砂と水を混ぜた砂地(体積比は砂:水=5:3)を入れた容器を乗せて振動させ、液状化を発生させる。半径  $10\text{cm}$ 、高さ  $12\text{cm}$  の円柱型のプラスチック容器(図 2)に  $400\text{ml}$  の砂地を入れて実験を行った。また各実験では 3 回計測を行い、平均値を取った。

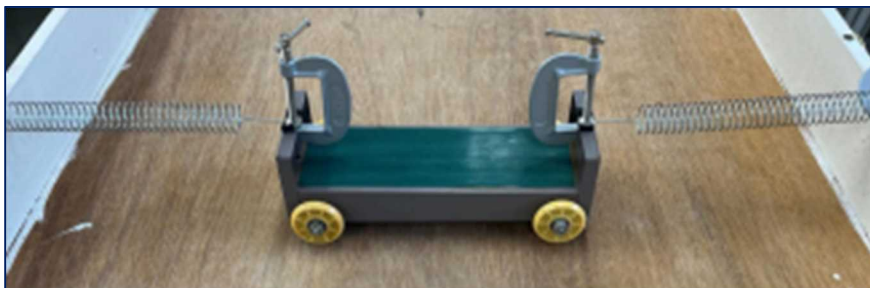


図 1



図 2

### 【実験 1】

木材、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、アルミニウム、鉄の 5 種類のブロック ( $20\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ ) (図 3) を砂地に乗せて沈んだ距離を計測する。変化がなかったものでは砂地に  $40\text{mm}$  埋め込んで再度実験を行い、浮き上がった距離を計測する。なお底面は  $20\text{mm} \times 50\text{mm}$  の面に統一する。木材のブロックは水を吸って密度が変化しないようにサランラップで防水加工をした。

〔仮説〕 密度が大きいものは沈み、小さいものは浮き上がる。

### 【実験 2】

鉄と木材のブロックの底面となる面を変えて実験 1 と同様に実験を行う。

〔仮説〕 面積が異なることによって圧力に差ができ、浮き沈みする距離に変化が見られる。

### 【実験 3】

体積がほぼ同じ立方体の鉄のブロック(1 辺 20mm)と鉄の球体(半径 12.5mm)(図 4)を用いて実験 1 と同様に実験を行う。

〔仮説〕 球体の方がより大きく浮き沈みする。



図 3

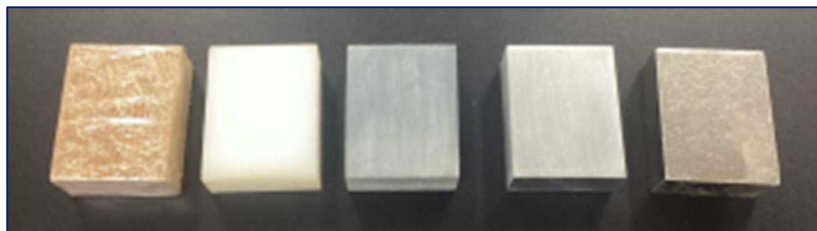


図 4

## 4 結果

### 【実験 1】

表 1 は結果を浮き上がった距離を正の値、沈んだ距離を負の値として示したものである。図 5 はそれをグラフにしたもので、縦軸が浮き沈みの距離、横軸が物体の密度を表している。密度が小さいものほどより浮き上がり大きいものほど沈み込むことが確認できた。また、砂地の密度( $1.91\text{g/cm}^3$ )の前後で浮くか沈むかが変わっていた。

|                                | 1回目     | 2回目     | 3回目     | 平均      |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| 木材( $0.55\text{g/cm}^3$ )      | 25.0mm  | 19.5mm  | 22.0mm  | 22.2mm  |
| ポリエチレン( $0.95\text{g/cm}^3$ )  | 13.5mm  | 11.5mm  | 14.0mm  | 13.0mm  |
| ポリ塩化ビニル( $1.75\text{g/cm}^3$ ) | 1.0mm   | 1.5mm   | 1.5mm   | 1.3mm   |
| アルミニウム( $2.70\text{g/cm}^3$ )  | -4.0mm  | -4.0mm  | -4.0mm  | -4.0mm  |
| 鉄( $7.87\text{g/cm}^3$ )       | -17.0mm | -20.0mm | -19.0mm | -18.7mm |

表 1

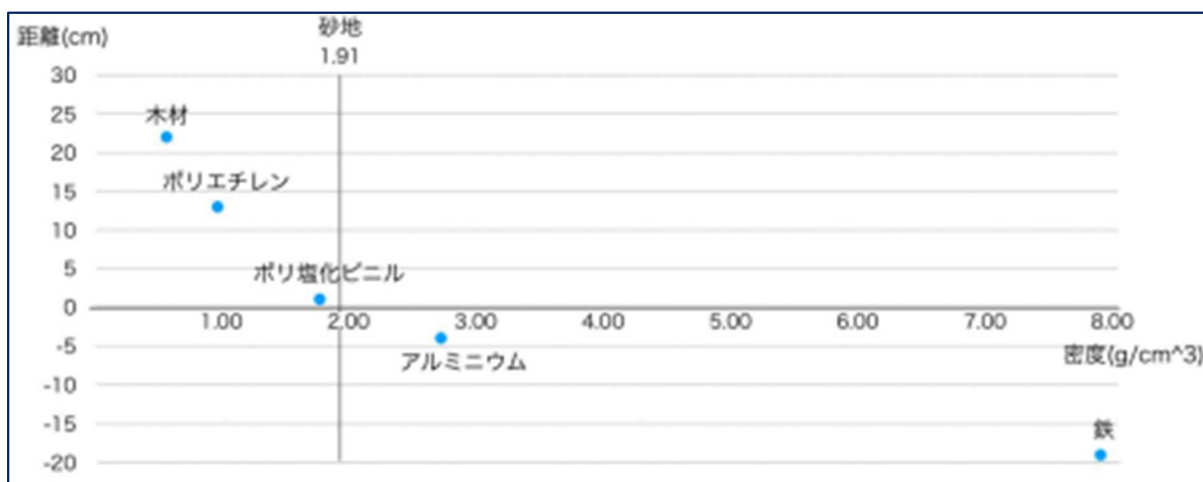


図 5

### 【実験 2】

面積が小さい面が底面になっているほど鉄はより沈み、木材はより浮き上がった。

| 鉄の底面       | 1回目     | 2回目     | 3回目     | 平均      |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 20mm x40mm | -22.0mm | -23.5mm | -22.5mm | -22.7mm |
| 20mm x50mm | -16.5mm | -17.0mm | -16.0mm | -16.5mm |
| 40mm x50mm | -7.50mm | -8.50mm | -8.00mm | -8.00mm |

表 2

| 木材の底面      | 1回目    | 2回目    | 3回目    | 平均     |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| 20mm x40mm | 25.0mm | 25.0mm | 25.0mm | 25.0mm |
| 20mm x50mm | 21.0mm | 20.0mm | 22.0mm | 21.0mm |
| 40mm x50mm | 18.0mm | 19.0mm | 19.0mm | 18.7mm |

表 3

### 【実験 3】

差はあまり大きく現れなかったが球体のほうがより沈み込んだ。

|     | 1回目     | 2回目     | 3回目     | 平均      |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| 立方体 | -17.0mm | -15.0mm | -16.0mm | -16.0mm |
| 球   | -17.5mm | -18.0mm | -19.5mm | -18.3mm |

表 4

## 5 考察

今回の実験から浮き沈みの程度は、密度や底面の面積、物体の形状と関係があることが確認できた。浮くか沈むかは密度によって決まり、砂地よりも密度が大きい物体は沈んで小さい物体は浮き上がると考えられる。また定面積の大きさを小さくしたほどより浮き沈みをいたことから底面積が小さいほど物体の浮き沈みの程度が大きくなり、これには底面にかかる圧力の大きさ、つまり浮力が関係しているのではないかと考える。物体の形状については球のような丸みのある物体の方が浮き沈みの程度が大きくなると考えられる。

## 6 結論

物体が浮くか沈むかは物体の密度によって決まる。物体の定面積、形状を変化させることで浮き沈みの程度も変化する。

## 7 参考文献

- ・防災科学技術研究所 “防災基礎講座 災害の危険性をどう評価するか” . 自然災害情報室.  
<https://www.lib.niigata-u.ac.jp/wp-content/uploads/2023/10/reference2022.pdf> (参照 2023-12-22)
- ・静岡県総合センター “液状化現象を知る”  
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/062117.pdf> (参照 2023-06-23)

# エンクロージャーの違いによる音の変化

理数科 3 年

I wanted to investigate the effect that the shape of enclosures, which are common around us, have on sound, so I conducted an experiment using a homemade enclosure. The results showed that height and depth have a non-negligible effect on sound even when the volume is constant.

## 1 要旨

我々の身の回りにありふれているエンクロージャーの形状が、音に与える影響について調べたいと思い自作のエンクロージャーを用いて実験した。結果は、高さや奥行きが体積一定の条件下でも音に無視できない程度の影響を与えることが分かった。

## 2 研究目的

昨今の私たちの日常生活において、スピーカーを用いた道具はたくさん存在している。その中でも、そこから出る音の品質をより良くするためにエンクロージャー(スピーカーの筐体)を用いる場合が存在する。しかし、エンクロージャーがどのような形状でどのような特性を持っているのか調べたところ、我々が調べた範囲内では、はっきりとしたことは分からなかった。そこで我々は特性決定の条件を見つけるための実験を行った。

## 3 研究方法

### 【 実験 1 】

材質を木、発泡スチロールの 2 種類用意し、それぞれの材質でバスレフ型エンクロージャー(6.0L)を作成する。そこにコーン型スピーカー、ダクト(19 cm<sup>3</sup>)を設置し、100Hz および 500Hz～10,000Hz を 500Hz 毎に計測する。また比較用にスピーカーを設置した板のみのものも計測する。それぞれの計測結果から特性を特定する。なお、音量はスピーカーコーンから 10cm の位置に設置したマイクで音を拾いマイクの出力電圧(mV)の最大値をオシロスコープで読み取ることにより計測した。計測回数は 3 回とした。

#### 〔 目的 〕

材質の違いによる音の特徴を調べる。

#### 〔 仮説 〕

木の方がより大きく聞こえる。理由は、一般的に発泡スチロールは使われておらず、木の方が使われることが多いからである。

### 【 実験 2 】

実験 1 で得られた結果から材質を木の一つに絞り、①:基準となる物(内側の長さが縦 25cm, 横 15cm, 奥行 21.25cm)、②:①を潰した物(同:縦 15.8cm, 横 18.9cm, 奥行 26.8cm)、③:①を縦に伸ばした物(同:縦 39.6cm, 横 11.9cm, 奥行 16.8cm)の 3 種類の形状のエンクロージャーを容積一定で作成し、そこにスピーカー、ダクトを設置する。容積一定とした理由は調査をした際に出てきた音の大きさを求める計算式が、体積とダクトの大きさ、長さのみを必要としており、そこに疑問を呈したためである。また、実験 1 の結果から木の増幅可能な周波数の範囲を 500Hz～1500Hz とし、その範囲で 50Hz 毎に音量を計測する。なお、音量は、スピーカーコーンから 5cm の位置に設置したデジタル騒音計の dBA 値で計測

し、それぞれの形状の特性を調べる。また、実験 1 と計測方法が違うのは実験 1 の際にまだデジタル騒音計がなかったためである。そのため実験 1 と直接的な比較は行えていない。

〔 目的 〕

体積一定の下で形状の違いが音に与える影響を調べる。

〔 仮説 〕

①③と比較して②が一番広く低周波の音域を増幅させる。理由は奥行きがある分、低音を増幅しやすいと考えたから。

## 4 結果

実験 1、グラフ①より、発泡スチロールの方が木よりもより低い周波数を増幅しているが、増幅する周波数域は木の方が広く、また、木と発泡スチロールでは増幅域がかぶっていない。そして 2000Hz 以上はどちらもあまり差が見られない。また、2 グラフとも周波数を上げていくと振幅が大きくなっていった。

実験 2、グラフ②より、②が 600～1100Hz、1300～1400Hz を増幅しており、三種類の中で最も広い範囲を増幅している。①は 900～1000Hz を増幅しており、②に次いで広い範囲を増幅している。③はほかのものと比較して全体的に低くなっている。また、3 種類それぞれの最高 dB は②①③の順になっている。3 種類に共通して 1200Hz 以降はあまり差異が見られない。

## 5 考察

結果から、周波数特性のピークが②①③の順で高周波側にシフトしていくため、各辺の長さの比が音の増幅に関係していると考えられる。具体的には高さとお行きの辺の比が関係していると思われる。3 つの形状の、今回測った周波数内で計測された音(dB)の平均をとったところ

①93.71          ②97.62          ③90.61 (dB)

が得られ、平均値の dB の差が最大 7dB で、音のエネルギーに換算して、約 5 倍と大きな差が出たことから、エンクロージャーを容積一定としても、高さとお行きを変化させたとき、出てくる音に影響を与えと言える。②のグラフが 1300Hz ほどで再びピークを迎えているため、計測する周波数を広げていくと周期性が見えることが予想される。

## 6 結論

今回の実験結果より、より密度の高い素材を用い、かつ、体積一定の際にお行きを伸ばし、高さを低くした条件下では大きい音がでる。一方、体積一定の際に縦に伸ばし、お行きを減らす条件下では小さい音が出る。

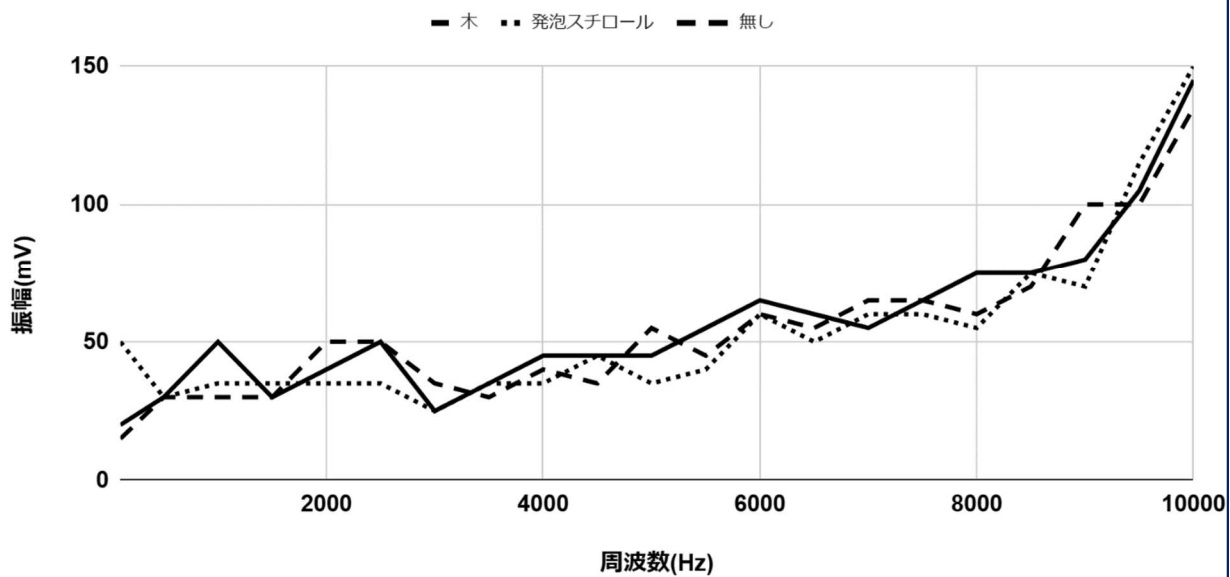
## 7 展望

考察で述べた周期性が予想通りあるのかを、計測する周波数の範囲を広げて実験していくことで確かめていきたい。また、今回は容積一定という条件で実験を行ったが、容積を変えた時どのような変化が起こるか実験していきたい。

## 8 参考文献

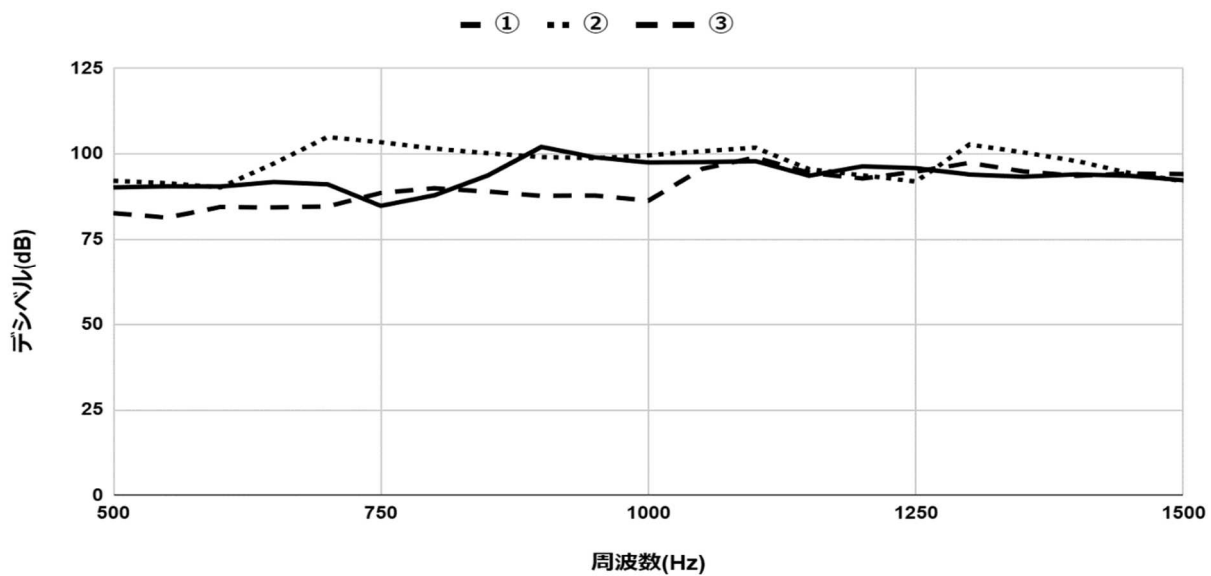
- ・スピーカのユニットの構造と音の関係 荒関丈司、渡邊貫治、安倍幸治
- ・スピーカーボックスの形状による音の変化 大井啓太

### エンクロージャーの素材による振幅の違い



グラフ①

### エンクロージャーの形状の違いによる音の変化



グラフ②

# ライデンフロスト現象について

理数科3年

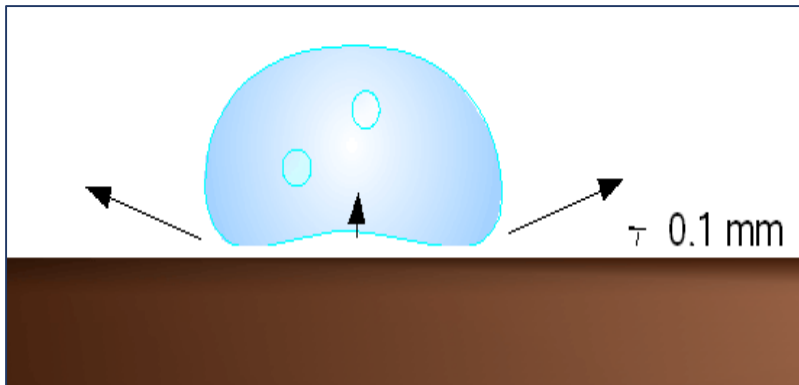
“Leidenfrost phenomenon” is a common phenomenon in our daily lives. However, the Leidenfrost temperature has not been clarified. Therefore, we decided to investigate the change in the Leidenfrost temperature by focusing on the substance that causes the Leidenfrost phenomenon.

## 1 序論

ライデンフロスト現象は私たちの日常生活においてよく見られる現象である。しかし、ライデンフロスト温度は明らかになっていない。そこで、ライデンフロスト現象を起こす物質に着目して、ライデンフロスト温度の変化について調べることにした。

### 2-1 ライデンフロスト現象とは

熱した物体の上に、少量の液体を垂らすと、浮遊しているように見える科学現象のこと。液体の沸点よりも高い温度の物体に垂らすことで起こる。



### 2-2 ライデンフロスト温度の定義

2つの定義があり1つに定まっていない。

1つ目に「ライデンフロスト現象が始まる温度」として定義されている。

(例)水の場合約  $160^{\circ}\text{C}$ とされている。

2つ目に「ライデンフロスト現象が最も活発に起こる温度」として定義されている。つまりこの温度の時に、液体は最も長い時間残ることができる。

(例)水の場合約  $300^{\circ}\text{C}$ とされている。蒸発するまでの時間が一番長い。

水のライデンフロスト温度は明らかになっている。しかし、他の液体のライデンフロスト温度の予測は難しいとされている。なぜなら、水滴に含まれる不純物や液体の性質によって大きく変わってしまうからである。

## 3 実験

### 【実験装置】

#### 〈使用道具〉

ガスコンロ、鉄製フライパン、蒸留水、すずらんテープ、パスツールピペット、定規、放射温度計、定規、ビーカー、ステンレス板、エチレングリコール ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ )



### ※パスツールピペットについて

このピペットは手製で、はっきりとした数値は分かっていないが、本実験において、滴下した体積は平均 0.027g であった。標準偏差を調べたところ、0.002584 となったため、誤差に関しては考えない。

### 【予備実験】水とフライパン

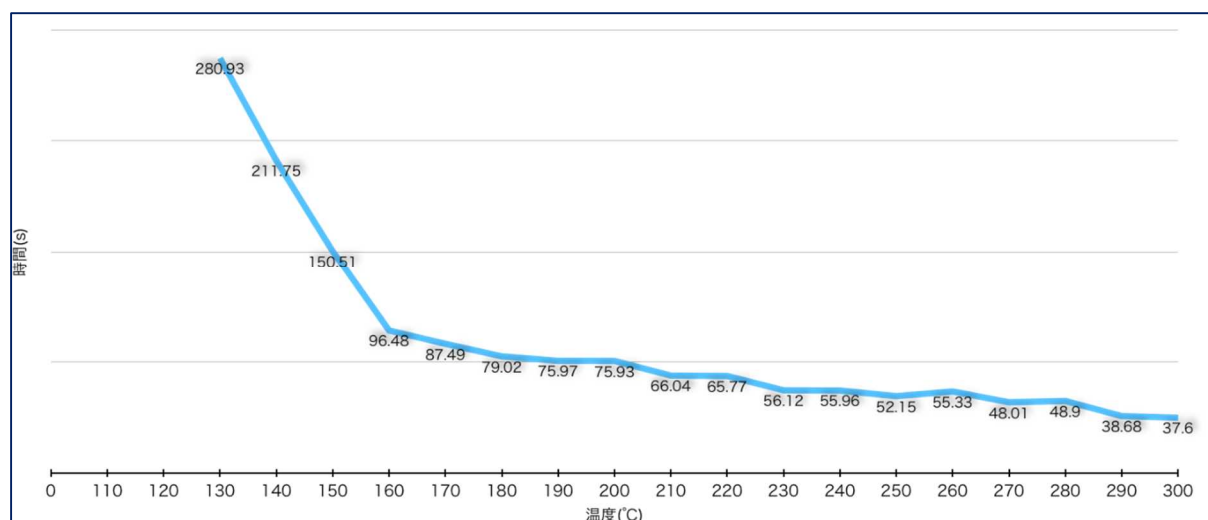
〈目的〉先行研究と同じ実験を行い、同じような結果が得られることを確認し、実験ができることを明らかにする。

〈方法〉高さ 20cm のところ(【実験装置】の写真参照)から鉄製フライパンの表面に水を垂らし、110℃から 300℃で蒸発するまでの時間を 3 回以上計測する。温度ごとでの時間の平均を求め、その後、グラフにして考察する。※先行研究で 300℃以上はライデンフロスト現象が起こらないとされていたため、この温度範囲にした。

〈結果〉

- ・110℃～150℃ではライデンフロスト現象が起こらない。
- ・160℃でグラフが大きく折れ曲がった。→ライデンフロスト温度の定義①に当てはまる。
- ・300℃では、蒸発するまでの時間が最も短い。

〈グラフ〉



※ライデンフロスト現象は、160℃以上で起こっている。

### 【実験①】水とステンレス板

〈目的〉物質を変えることでライデンフロスト温度が変化することを確認する。

〈仮説〉表面の加工の違いにより、膜沸騰をする時間が長くなり、蒸発するまでの時間も長くなるのではないかと。

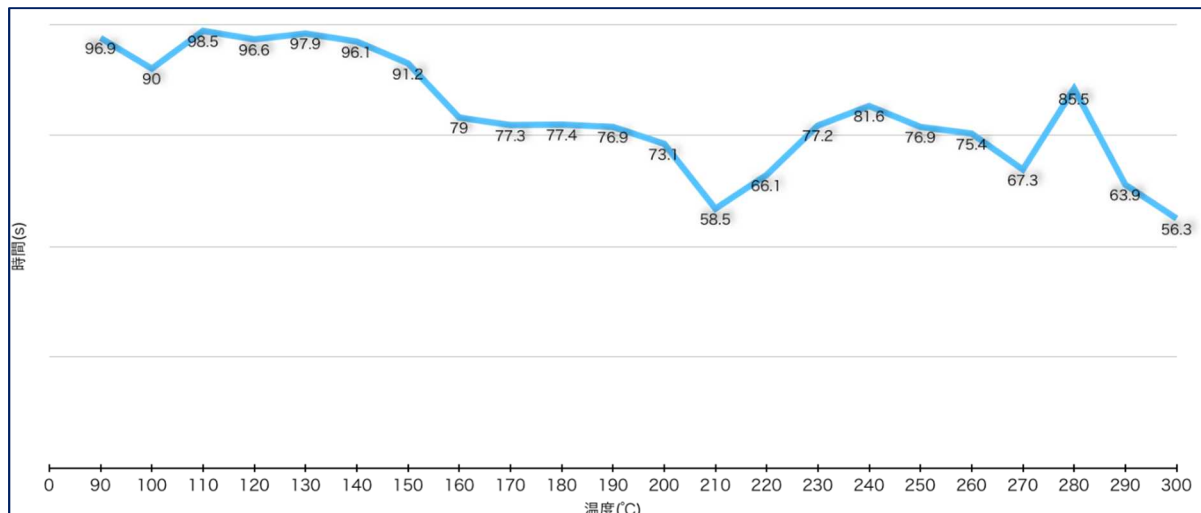
〈方法〉ステンレス板の表面に水を垂らし、90℃から 300℃で蒸発するまでの時間を 3 回以上計測する。温度ごとでの時間の平均を求め、その後、グラフにして考察する。

※予備実験とは違い、高さを定めず、きれいな滴の形状で始められるようにした。また、ライデンフロスト現象が起こった温度が予備実験とは違うため、温度の幅を変えた。

〈結果〉

- ・ステンレス板の方が水の動きがスムーズだった。たまに、板上で飛んだり、形状の変化が起きていた。(飛んだまま板の外に出てしまい、計測不可なこともあった。)
- ・予備実験の時とは違い、あまり特徴のないグラフとなったが、ライデンフロスト現象が始まる温度が低くなった。

〈グラフ〉



## 【実験②】 エチレングリコールとフライパン

〈目的〉 液体を変えることでライデンフロスト温度が変化することを確認する。

〈仮説〉 沸点が水よりも高い物質では、ライデンフロスト温度が高くなるのではないか。

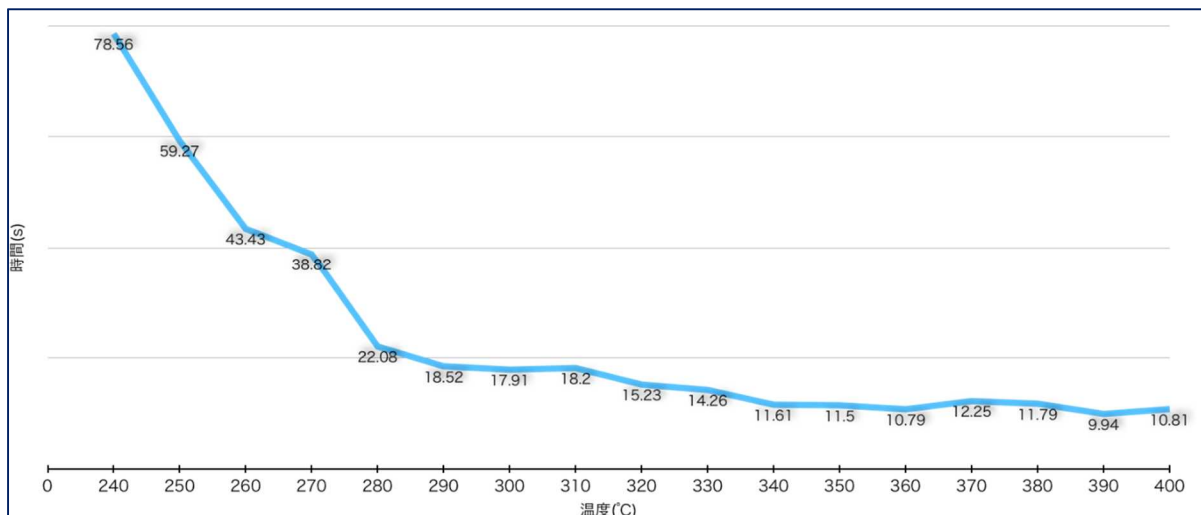
〈方法〉 鉄製フライパンの表面にエチレングリコール( $C_2H_6O_2$ )を垂らし、240℃から 400℃で蒸発するまでの時間を 3 回以上計測する。温度ごとでの時間の平均を求め、その後、グラフにして考察する。

※予備実験とは違い、ライデンフロスト現象が起こった温度が予備実験とは違うため、温度の幅を変えた。

〈結果〉

- ・280℃で大きく折れ曲がった。
- ・予備実験と似た形の折れ線グラフになった。
- ・340℃以降の時間の差はあまりなかった。

〈グラフ〉



## 【実験③】 エチレングリコールとステンレス板

〈目的〉 液体と表面の状態を変えることによって、ライデンフロスト温度が変化することを確認する。

〈仮説〉 表面の加工の違いにより、膜沸騰をする時間が長くなり、蒸発するまでの時間も長くなるのではないか。

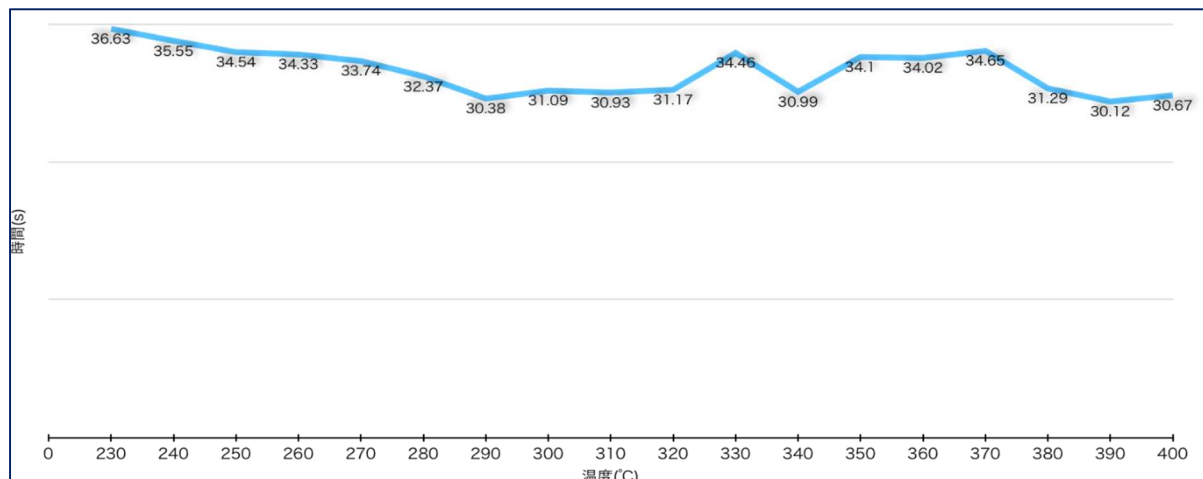
〈方法〉 ステンレス板の表面にエチレングリコール( $C_2H_6O_2$ )を垂らし、230℃から 400℃で蒸発するまで

の時間を3回以上計測する。温度ごとでの時間の平均を求め、その後、グラフにして考察する。  
※予備実験とは違い、ライデンフロスト現象が起こった温度が予備実験とは違うため、温度の幅を変えた。

〈結果〉

- それぞれの温度での時間の差は少なかった。

〈グラフ〉



#### 4 まとめ・考察

どちらの液体においてもステンレスよりフライパンの方が蒸発するまでの時間が短かった。水よりもエチレングリコールの蒸発する時間の方が短いことが分かった。また、実験中水滴の形状が球状から四角や星型などに変化することがあったが、それは、熱する物体の酸化膜が形状に影響している1つの原因ではないかと考える。

#### 5 今後の展望・課題

- 液体を落とす板の材質(表面の形状)によってライデンフロストの起こりやすさが変化することがわかったため、同じ種類の液体を使っているいろいろな素材で試してみたい。
- 実験中水滴の形状が、球状から四角や星型など様々な形に変化する理由を調べたい。
- 温度管理が上手にできる方法を考えたい。
- 素材を変えるだけでなく、素材の状態を変えることも関係しているのかを調べたい。例えば、ステンレスに凹凸をつけるなど。

#### 6 参考文献

梅雅美 ライデンフロスト現象の探究

[https://www.pref.nara.jp/secure/256930/21\\_narakyouikudaigakufuzokucyuu\\_poster\\_raidenfurosuto.pdf](https://www.pref.nara.jp/secure/256930/21_narakyouikudaigakufuzokucyuu_poster_raidenfurosuto.pdf)

ライデンフロスト効果 Leidenfrost Effect: 最新の百科事典

<https://academic-accelerator.com/encyclopedia/jp/leidenfrost-effect>

1000℃以上でもライデンフロスト効果を抑制できる表面構造の開発

<https://srad.jp/~phason/journal/652554/>

3分で簡単「ライデンフロスト効果」身の回りの現象を元塾講師がわかりやすく解説!

<https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj5hq2HtYaDAxWUcfUHHZ1tC3s4ChAWegQIDhAB&url=https%3A%2F%2Fstudy-z.net%2F100111372&usg=AOvVaw17U38MZ7npQebU4EUTaJeP&opi=89978449>  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ライデンフロスト効果>

# 自然由来の界面活性物質について

理数科 3 年

We learned that surfactants exist in nature and decided to investigate which substances contain them and how they act. As a result of my experiments, I found that molokhia contains a large amount, leading me to speculate that plants in the mallow family (Malvaceae) contain a significant amount of surfactants.

## 1 要旨

自然界に界面活性物質が存在していると知り、どの物体に含まれているのか、どのくらい作用するのかを探ろうと思い実験を行った。その結果、モロヘイヤに多く含まれていることがわかり、アオイ科の植物に多く含まれていると推測された。

## 2 研究目的

大豆や卵黄など一部の食材にはサポニンやレシチンといった界面活性物質が含まれている。どちらも親水基と疎水基を合わせ持つため、石鹸や合成洗剤と同じように洗浄力を有する。しかし大豆など野菜の煮汁はそのまま廃棄され活用されることはない。そこで界面活性物質を含む食材を用い、環境にやさしい洗剤・石鹸の生成を目指した。

## 3 研究方法

【実験 1】大豆の煮汁に含まれているサポニンの量を調べた。濃度を変えたサポニン抽出液 1mL を取り、5%フェノール 1mL、硫酸 5mL を加えた後、室温で 10 分静置した。紫外可視分光光度計を用いて吸光曲線を求め、検量線を作成した。次にサポニン抽出液をそれぞれの試料 1mL に換え、5%フェノール 1mL、硫酸 5mL を加えた後、室温で 10 分静置した。吸光度の測定後、検量線を用いてサポニンの量を調べた。  
〔試料〕大豆の煮汁、モロヘイヤの種子の煮汁、ハウレンソウの種子の煮汁

【実験 2】大豆の煮汁の臨界ミセル濃度を調べた。ビュレットを用いて大豆の煮汁 100 滴をビーカーに滴下した。界面活性物質の濃度が高くなると表面張力が小さくなり、1 滴で滴下される液体の体積が減る。濃度を変えた大豆の煮汁を 100 滴ビーカーに滴下し、質量を比較した。

界面活性物質の濃度が高くなると、水滴の表面の界面活性物質が増加し、表面張力を低下させる。ある濃度に達すると、界面活性物質が水滴の表面をほとんど覆い尽くし表面張力が最も低くなる。その時の界面活性物質濃度を臨界ミセル濃度という。臨界ミセル濃度に達すると洗浄力が高くなるため、臨界ミセル濃度を求めることでより高い洗浄力が得られる。

【実験 3】大豆の煮汁の洗浄力を、メチレンブルーを用いて調べた。(1) メチレンブルーの吸光波長 664nm で吸光度を測定した。0.01%メチレンブルー水溶液を、濃度を変えた大豆の煮汁でそれぞれ 100 倍希釈した。(2) この溶液について、664nm での吸光度を測定した。(1) と (2) の差を格溶液でのメチレンブルーの吸光度とした。

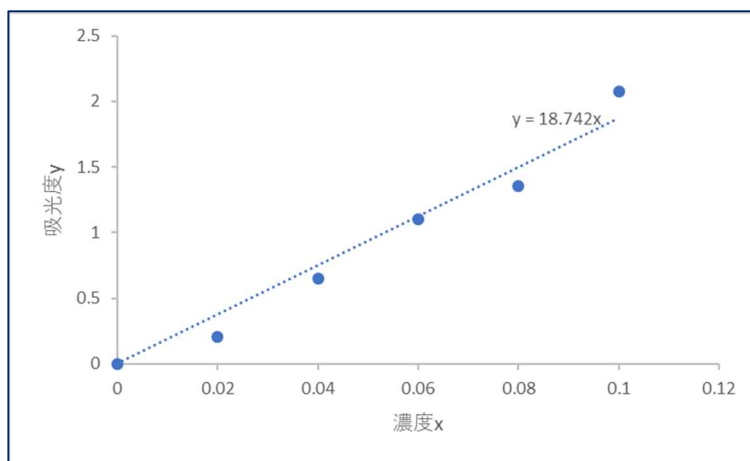
【実験 4】大豆の煮汁の洗浄効果について調べた。試料 200mL を入れたビーカーにケチャップ、ラー油（以下「汚れ」と言う）をつけた布を入れ、スターラーで攪拌した。「色しらべ」というアプリを用いて攪拌前の RGB(0~225) と攪拌後の RGB を比較した。RGB の値が小さいほど白に近くなるため、値が小さいほどより汚れが落ちているといえる。

〔試料〕水、水で 750 倍、1500 倍、3000 倍希釈した合成洗剤、大豆の煮汁

#### 4 結果

【実験 1】サポニンの検量線を右に示す。

グラフより検量線を求めると、 $y=18.742x$  となった。大豆の吸光度 ( $y=1.2479$ ) を代入すると、大豆のサポニン濃度は  $0.0666\text{mg/mL}$  となった。また、ハウレンソウ、モロヘイヤの種子の煮汁はそれぞれ以下の通りになった。



ハウレンソウ  $y=0.2195$  よりサポニン濃度は  $0.0117\text{mg/mL}$ 、モロヘイヤ

$y=3.3745$  よりサポニン濃度は  $0.1801\text{mg/mL}$ 。これより、今回使用した 3 つの試料の中ではモロヘイヤが一番サポニンを含んでいることがわかった。

【実験 2】結果を以下に示す。

| 煮汁の濃度 (%) | 0%    | 50%   | 65%   | 75%   | 90%   | 100%  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 体積 (mL/滴) | 0.061 | 0.060 | 0.060 | 0.059 | 0.058 | 0.058 |

煮汁に含まれる大豆の濃度が低かったため、水と大豆の煮汁の表面張力の差は少なかった。次は、大豆の濃度が高い煮汁を用いて実験したい。

#### 追加実験

実験 1 よりモロヘイヤにサポニンが多く含まれていることがわかったので、モロヘイヤと同じアオイ科であるオクラとモロヘイヤの葉を使って実験を行った。

【実験 1 の結果】

オクラに含まれているサポニンの量は  $0.0334\text{mg/mL}$ 、モロヘイヤの葉は  $0.0282\text{mg/mL}$  となり、大豆やモロヘイヤの種子には劣るがサポニンを含んでいることがわかった。

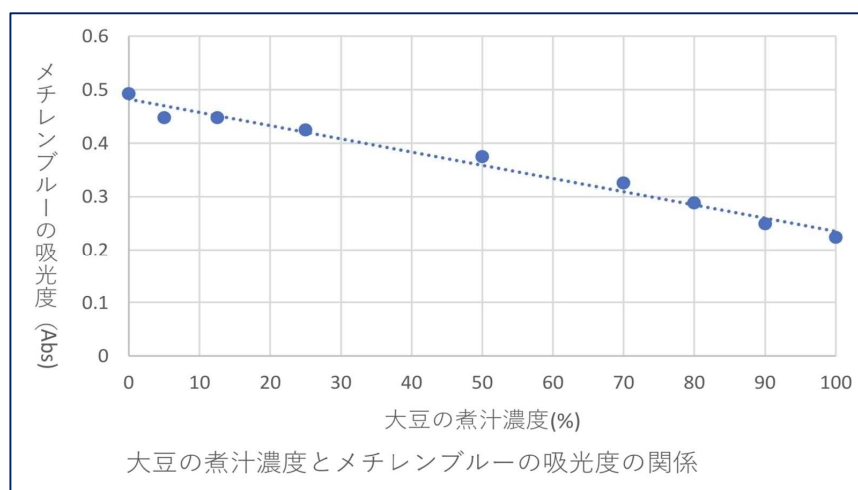
【実験 2 の結果】

オクラは  $0.062\text{mL/1 滴}$ 、モロヘイヤの葉は  $0.061\text{mL/1 滴}$  となり、大豆の煮汁より表面張力が強いことがわかった。

【実験 3】結果を以下に示す。

| 大豆煮汁濃度 (%)       | 0%    | 25%   | 50%   | 80%   | 100%  |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 各濃度での吸光度 (664nm) | 0.048 | 0.281 | 0.281 | 0.415 | 0.512 |
| メチレンブルー添加後の吸光度   | 0.54  | 0.579 | 0.655 | 0.703 | 0.735 |
| 差                | 0.492 | 0.424 | 0.374 | 0.288 | 0.223 |

大豆の煮汁の濃度上昇とともに、メチレンブルーの吸光度が低下した。大豆の煮汁の濃度が大きいと、界面活性物質の量も大きくなるため、洗浄力が上がると考えられる。



【実験 4】 RGB の数値が大きい(R:225 G:225 B:225 に近い)ほど白に近いので、汚れが落ちたと言える。

|        | R   | G   | B  |        | R   | G   | B  |
|--------|-----|-----|----|--------|-----|-----|----|
| ケチャップ  | 166 | 99  | 37 | ラー油    | 185 | 95  | 0  |
| 大豆の煮汁  | 163 | 116 | 57 | 大豆の煮汁  | 183 | 111 | 6  |
| 750 倍  | 166 | 129 | 96 | 750 倍  | 183 | 125 | 29 |
| 1500 倍 | 162 | 120 | 82 | 1500 倍 | 189 | 102 | 3  |
| 3000 倍 | 162 | 121 | 78 | 3000 倍 | 186 | 89  | 0  |
| 水      | 160 | 113 | 68 | 水      | 184 | 95  | 2  |

合成洗剤には劣るが、洗浄効果があると言える。

## 5 考察

実験 1、2 からアオイ科の植物にもサポニンが多く含まれていることが推測できた。しかし、試料と煮るための水の割合を統一していなかったため、どの試料が最もサポニンを含んでいるかを正確に判断することはできなかった。

## 6 結論

今回の研究では、当初の目的であった界面活性物質を含む食材を用いた環境にやさしい石鹼・洗剤の生成を達成することはできなかった。大豆の煮汁にも界面活性物質が含まれていることが確認できた。今後の展望として、本実験では大豆しか取り上げなかったが、他の界面活性物質が含まれている食材を使って実験を行っていきたい。

## 7 参考文献

- ・一滴の体積と洗剤の臨界ミセル濃度 あすなろ学習室  
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/103140.pdf>
- ・茶種子サポニンの簡易定量法 農林水産省野菜・茶業試験場 向井俊博・堀江 秀樹・後藤哲久  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/cha1953/1992/75/1992\\_75\\_29/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/cha1953/1992/75/1992_75_29/_pdf)
- ・多糖類の微量分別定量へのフェノール・硫酸法の適用  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/11/9/11\\_9\\_395/article/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/11/9/11_9_395/article/-char/ja)

# シュウ酸ビスを用いた間接化学発光

理数科3年

We wanted to investigate the conditions under which luminescence intensity increases in indirect chemiluminescence, so we focused our examination on pH, dyes, and luminescence accelerators. As a result, we found that the solubility of the dye was related to the increase in luminescence intensity.

## 1 要旨

私たちはシュウ酸ビスを用いた間接型化学発光における発光強度が上昇する条件を調べるため、pHや発光促進剤、色素に着目して実験を行なった。その結果、色素の溶解度が発光強度に大きく影響することがわかった。

## 2 研究目的

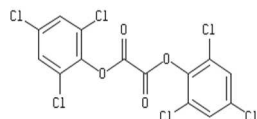
化学発光は反応物の化学エネルギーが光エネルギーとして放出されることで起こる。過シュウ酸エステル化学発光と呼ばれる間接化学発光について調べたところ、温度や加える物質などによって発光強度が細かく変化することが分かった。そこで私たちは、実験を通して発光強度を強くするために必要な条件を探ることにした。

## 2 実験方法

以下のA液、B液を基準とし、条件を変えて実験を行なった。温度を一定にしたA液とB液を1.0mLずつ同じ試験管に加え、反応の様子を10秒おきに120秒までiPadで写真に撮り、画像解析ソフト(Makali'i)を用いて発光強度を数値化する。平均は小数点第3位で四捨五入をする。実験は3回ずつ行なう。

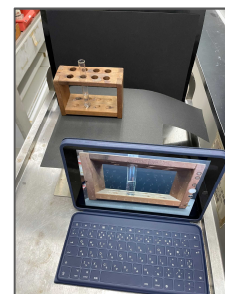
A液

- ・シュウ酸ビス…20mg
- ・フタル酸ジメチル(溶媒)…15mL
- ・エオシン(色素)…2.0mg



B液

- ・過酸化水素水(酸化剤)…1.5mL
- ・フタル酸ジメチル(溶媒)…15mL
- ・ブタノール(発光促進剤)…4.5mL
- ・サリチル酸ナトリウム(触媒)…12mL



## 3 予備実験

【目的】これから行う実験の基準となる発光強度を調べる。

【実験方法】上記のA液、B液をそのまま用いて実験を行う。

【結果】

| (秒) | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目 | 3.07 | 2.79 | 2.66 | 2.53 | 2.47 | 2.37 | 2.3  | 2.25 | 2.2  | 2.16 | 2.13 | 2.07 |
| 2回目 | 2.99 | 2.74 | 2.36 | 2.19 | 2.05 | 1.97 | 1.97 | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.96 | 1.95 |
| 3回目 | 2.57 | 2.22 | 2.1  | 2.04 | 2.04 | 2.06 | 2.07 | 2.05 | 2.03 | 2.03 | 2.04 | 2.04 |
| 平均  | 2.88 | 2.58 | 2.37 | 2.25 | 2.19 | 2.13 | 2.11 | 2.08 | 2.06 | 2.05 | 2.04 | 2.02 |

今後はこの結果の平均を基準とする。

## 4 実験

### 実験 I

【目的】先行研究を調べていくと、A液、B液に緩衝液を加える実験の報告があった。研究によって、緩衝液のpHと発光強度の関係についての評価が分かっていたため、自分達の実験で確かめる。

【実験方法】あらかじめpHの異なる緩衝液を試験管に0.5mLずつ入れておき、A液、B液を1.0mLずつ加え、pHと発光強度との関連について調べる。緩衝液はpH4.01、6.86、9.18、10.01の4種類を

使用する。予備実験で行なった緩衝液を入れていない基準の値も含め合計5種類の120秒間の発光強度の平均を比較する。

【仮説】実験に用いたサリチル酸ナトリウムは水溶液中で塩基性を示すことから、塩基性の緩衝液はその効果を大きくし、発光強度を上昇させる。

【結果】

| pH4.01  | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目     | 2.96 | 2.95 | 2.93 | 2.86 | 2.79 | 2.73 | 2.64 | 2.6  | 2.54 | 2.47 | 2.41 | 2.36 |
| 2回目     | 2.71 | 2.8  | 2.82 | 2.78 | 2.77 | 2.73 | 2.72 | 2.7  | 2.66 | 2.63 | 2.6  | 2.57 |
| 3回目     | 2.05 | 2.1  | 2.19 | 2.25 | 2.32 | 2.35 | 2.38 | 2.4  | 2.43 | 2.43 | 2.45 | 2.46 |
| 平均      | 2.57 | 2.62 | 2.65 | 2.63 | 2.63 | 2.6  | 2.58 | 2.57 | 2.54 | 2.51 | 2.49 | 2.46 |
| pH6.86  | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
| 1回目     | 2.78 | 2.8  | 2.74 | 1.35 | 2.6  | 2.57 | 2.52 | 2.46 | 2.42 | 2.33 | 2.29 | 2.24 |
| 2回目     | 2.85 | 2.92 | 2.97 | 2.96 | 2.96 | 2.92 | 2.9  | 2.87 | 2.85 | 2.81 | 2.79 | 2.79 |
| 3回目     | 2.61 | 2.76 | 2.8  | 2.83 | 2.85 | 2.84 | 2.85 | 2.81 | 2.82 | 2.78 | 2.78 | 2.77 |
| 平均      | 2.75 | 2.83 | 2.84 | 2.90 | 2.8  | 2.78 | 2.76 | 2.71 | 2.7  | 2.64 | 2.62 | 2.6  |
| pH9.18  | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
| 1回目     | 2.95 | 2.86 | 2.81 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.57 | 2.54 | 2.5  | 2.44 | 2.36 | 2.36 |
| 2回目     | 2.14 | 2.28 | 2.35 | 2.4  | 2.43 | 2.45 | 2.48 | 2.44 | 2.47 | 2.46 | 2.48 | 2.46 |
| 3回目     | 2.59 | 2.71 | 2.78 | 2.79 | 2.8  | 2.79 | 2.8  | 2.45 | 2.82 | 2.78 | 2.78 | 2.78 |
| 平均      | 2.56 | 2.62 | 2.65 | 2.66 | 2.65 | 2.63 | 2.62 | 2.49 | 2.6  | 2.56 | 2.54 | 2.53 |
| pH10.01 | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
| 1回目     | 2.71 | 2.8  | 2.82 | 2.78 | 2.77 | 2.73 | 2.72 | 2.7  | 2.66 | 2.63 | 2.6  | 2.57 |
| 2回目     | 2.54 | 2.69 | 2.75 | 2.69 | 1.26 | 2.65 | 2.64 | 2.61 | 2.62 | 2.61 | 2.6  | 2.6  |
| 3回目     | 2.57 | 2.69 | 2.73 | 2.74 | 2.75 | 2.74 | 2.72 | 2.77 | 2.78 | 2.75 | 2.77 | 2.75 |
| 平均      | 2.61 | 2.73 | 2.77 | 2.74 | 2.76 | 2.71 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.66 | 2.66 | 2.64 |

※外れ値は赤字で表記し、そのデータは使用しない。

発光強度と緩衝液のpHの相関関係は見られなかった。緩衝液を入れることでどのpHにおいても発光強度は上昇した。

【考察】仮説は立証されず、発光強度と緩衝液のpHは関係しないと考えられる。また、緩衝液の働きで発光がより持続するようになった。

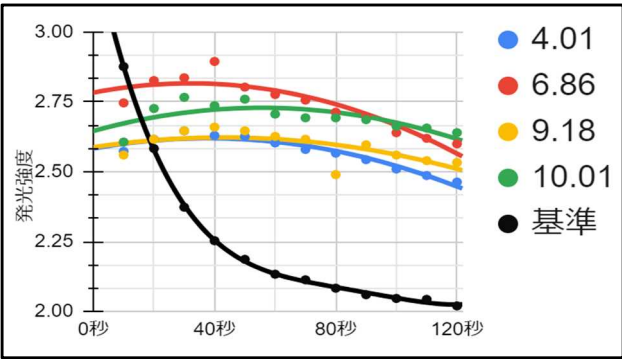
#### 実験Ⅰの追実験(1)

【目的】実験①では緩衝液がA液やB液と分離していた。分離を解消するために、A液、B液との親和性が高く、親水性が強いプロパノールを加えることにした。溶解が見られる最適な分量を探る。

【実験方法】緩衝液を試験管に0.5mLずつ、A液、B液の液体成分(A液はシュウ酸ビス、エオシン、B液はサリチル酸ナトリウムをのぞく)を1.0mLずつ加え、そこに0.5mLから0.1mLずつ増やしながらプロパノールを加えて混ぜ、溶解が見られるまでプロパノールを増やす。

【結果】

| プロパノールの量(mL) | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9  | 1.0   |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 溶液の様子        | 分離  | 分離  | 白濁  | 白濁  | 少し分離 | 完全に溶解 |



## 実験Ⅰの追実験(2)

【目的】追実験(1)より1.0mLのプロパノールを用いて実験を行い、発光強度との関係を調べる。

【実験方法】プロパノールと緩衝液(プ+緩)、プロパノールのみ(プロパ)をそれぞれ加え発光強度を計測し、実験①の緩衝液をくわえた値(緩衝液)と予備実験で行なった基準の値(無)の計4通りで比較する。

なお、緩衝液はpH9.18を使用する。

【仮説】A液、B液と緩衝液がプロパノールによって融合するため、プ+緩の発光強度が一番大きい。

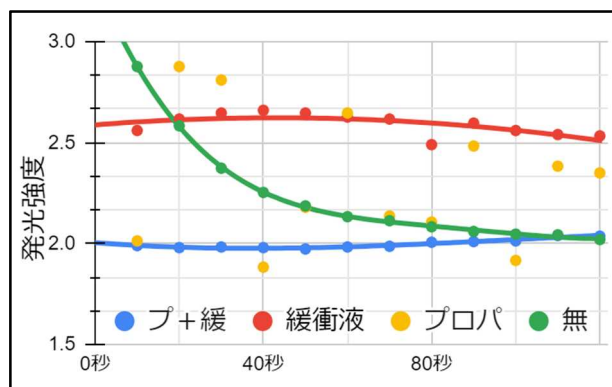
【結果】

| プ+緩 | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目 | 2    | 2    | 2    | 1.98 | 1.98 | 2.01 | 2.02 | 2    | 2.03 | 2.03 | 2.05 | 2.02 |
| 2回目 | 2.01 | 2.01 | 2    | 2.01 | 2    | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.05 | 2.01 | 2.03 | 2.05 |
| 3回目 | 1.96 | 1.93 | 1.95 | 1.95 | 1.94 | 1.92 | 1.92 | 1.99 | 1.95 | 2    | 2.04 | 2.04 |
| 平均  | 1.99 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.97 | 1.98 | 1.99 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.04 | 2.04 |
| プロパ | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
| 1回目 | 1.67 | 3.01 | 2.97 | 1.56 | 1.29 | 2.79 | 1.36 | 2.67 | 2.63 | 1.01 | 2.56 | 2.5  |
| 2回目 | 1.44 | 2.8  | 2.73 | 2.72 | 2.68 | 2.64 | 2.6  | 2.55 | 2.48 | 2.43 | 2.38 | 2.34 |
| 3回目 | 2.93 | 2.82 | 2.73 | 1.37 | 2.57 | 2.51 | 2.45 | 1.1  | 2.34 | 2.31 | 2.21 | 2.21 |
| 平均  | 2.01 | 2.88 | 2.81 | 1.88 | 2.18 | 2.65 | 2.14 | 2.11 | 2.48 | 1.92 | 2.38 | 2.35 |

※プロパノールのみは、ばらついたデータが多く、どれが外れ値か判断しかねるため、そのままのデータを使用する。

プ+緩が一番発光強度が小さかった。プロパノールのみはデータのばらつきが多かったため、グラフは制作していない。

【考察】プロパノールと緩衝液を加えたことで、液体におけるA液、B液の濃度が薄くなったため、発光が弱まったと考えられる。また、実験Ⅰでの緩衝液とA液、B液の分離に関しては、発光強度との関連性は無いと考えられる。



## 実験Ⅱ

【目的】予備実験でA液中のエオシン(色素)がフタル酸ジメチルに溶け残ってしまった。エオシンに水溶性があるため、過酸化水素水を含むB液にエオシンを加え、発光強度に違いがあるのかを検証する。

【実験方法】エオシン(色素)をA液に入れず、B液に入れた場合の発光強度を調べ、A液に入れた場合とB液に入れた場合の発光強度を比較する。

【仮説】エオシンが完全に溶けることで発光強度が上昇、B液に入れた場合の方が発光強度が高くなる。

【結果】

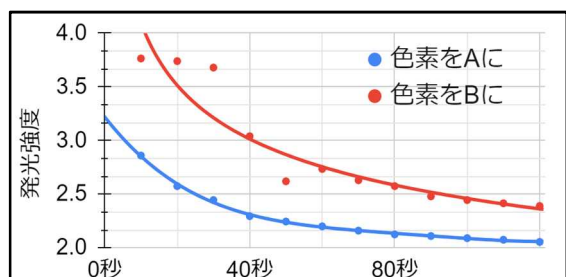
| 色素をAに | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目   | 2.87 | 2.6  | 2.48 | 2.31 | 2.28 | 2.24 | 2.19 | 2.18 | 2.14 | 2.14 | 2.11 | 2.09 |
| 2回目   | 2.72 | 2.59 | 2.48 | 2.36 | 2.29 | 2.24 | 2.21 | 2.18 | 2.16 | 2.15 | 2.12 | 2.1  |
| 3回目   | 2.85 | 2.55 | 2.41 | 2.28 | 2.21 | 2.16 | 2.13 | 2.07 | 2.08 | 2.04 | 2.04 | 2.02 |
| 平均    | 2.86 | 2.58 | 2.45 | 2.3  | 2.25 | 2.2  | 2.16 | 2.13 | 2.11 | 2.09 | 2.08 | 2.06 |

| 色素をBに | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目   | 3.17 | 3.09 | 1.72 | 2.73 | 2.62 | 2.55 | 2.51 | 2.47 | 2.41 | 2.41 | 2.4  | 2.38 |
| 2回目   | 4.27 | 3.12 | 3.7  | 3.36 | 2.02 | 2.93 | 2.79 | 2.66 | 2.55 | 2.47 | 2.43 | 2.43 |
| 3回目   | 4.36 | 4.39 | 3.68 | 3.35 | 2.01 | 2.92 | 2.75 | 2.68 | 2.55 | 2.48 | 2.43 | 2.4  |
| 平均    | 3.77 | 3.74 | 3.68 | 3.04 | 2.62 | 2.74 | 2.63 | 2.58 | 2.48 | 2.45 | 2.42 | 2.39 |

※外れ値は赤字で表記し、そのデータは使用しない。

エオシンをA液に入れた場合よりB液に入れた場合の方が、発光強度が大きいことを確認できた。

【考察】仮説通りエオシンが完全に溶けたことで、エオシンが多くエネルギーを取り込むようになり、発光強度が上昇したと考えられる。



### 実験Ⅲ

【目的】B液中のブタノールは親水性が弱く、過酸化水素水(酸化剤)との親和性は低い。そこで、ブタノールより親水性が強いプロパノールを用いて親和性を高めることで、発光強度に違いがあるのかを検証する。

【実験方法】B液中のブタノール(発光促進剤)を、同じ量のプロパノールに変更して発光強度を測定し、ブタノールを入れた場合(基準の値)と比較する。

【仮説】プロパノールは親水性があり、過酸化水素水との親和性が高いと考えられるため、プロパノールを入れた場合の方が発光強度が高くなる。

【結果】

| ブタをプロパに | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目     | 2.96 | 2.77 | 2.5  | 2.4  | 2.32 | 2.27 | 2.23 | 2.17 | 2.15 | 2.11 | 2.11 | 2.08 |
| 2回目     | 2.68 | 2.59 | 2.52 | 2.49 | 2.46 | 2.34 | 2.31 | 2.27 | 2.26 | 2.24 | 2.22 | 2.21 |
| 3回目     | 1.76 | 2.75 | 2.62 | 2.55 | 2.48 | 2.45 | 2.38 | 2.36 | 2.33 | 2.3  | 2.28 | 2.28 |
| 平均      | 2.82 | 2.7  | 2.55 | 2.48 | 2.42 | 2.35 | 2.31 | 2.27 | 2.25 | 2.22 | 2.2  | 2.19 |

※外れ値は赤字で表記し、そのデータは使用しない。

ブタノールの代わりにプロパノールを入れた方が全体的に発光強度が大きいことを確認できた。

【考察】仮説は立証された。プロパノールと過酸化水素水の親和性が影響したと考えられる。

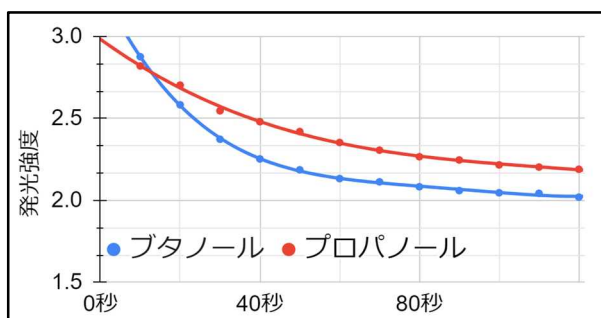
### 5 まとめ

実験Ⅰより緩衝液を加えたほうが発光強度は上昇した。

実験ⅡよりエオシンをB液に入れたほうが発光強度は上昇した。

実験Ⅲよりブタノールに代えてプロパノールを入れたほうが発光強度は上昇した。

よって、これらの結果から緩衝液を加え、エオシンをB液に入れ、ブタノールに代えてプロパノールを入れた場合、発光強度は基準に比べ大幅に上昇すると考えられる。



## 6 追実験

【目的】この研究の成果を見る。

【実験方法】緩衝液を加えるかどうか、エオシンをどちらに入れるか、ブタノールとプロパノールどちらを入れるか、の計8通りの発光強度を比較する。緩衝液はpH9.18を使用する。120秒間の発光強度の平均を比較する。

【仮説】4.まとめより緩衝液有り、色素B、プロパノールの組み合わせである⑥が、一番発光強度が大きい。

【結果】

①は実験Ⅰの緩衝液pH9.18より120秒間の発光強度の平均は2.59

|             |   | 色素 |   | 発<br>光<br>促<br>進<br>剤 |        |
|-------------|---|----|---|-----------------------|--------|
|             |   | A  | B |                       |        |
| 緩<br>衝<br>液 | 有 | ①  | ⑤ |                       | ブタノール  |
|             |   | ②  | ⑥ |                       | プロパノール |
|             | 無 | ③  | ⑦ |                       | ブタノール  |
|             |   | ④  | ⑧ |                       | プロパノール |

| ②   | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目 | 2.73 | 2.57 | 2.61 | 2.5  | 2.47 | 2.43 | 2.41 | 2.39 | 2.38 | 2.36 | 2.34 | 2.32 |
| 2回目 | 2.66 | 2.44 | 2.38 | 2.32 | 2.24 | 2.24 | 2.19 | 2.2  | 2.15 | 2.16 | 2.13 | 2.15 |
| 平均  | 2.7  | 2.51 | 2.5  | 2.41 | 2.36 | 2.34 | 2.3  | 2.3  | 2.27 | 2.26 | 2.24 | 2.24 |

※②は諸事情により3回目計測できなかった

②の120秒間の発光強度の平均は2.37

③は予備実験より120秒間の発光強度の平均は2.23

④は実験Ⅲのプロパノールより120秒間の発光強度の平均は2.37

| ⑤   | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目 | 3.76 | 2.16 | 3.29 | 3.13 | 3.04 | 2.92 | 2.83 | 2.75 | 2.65 | 2.65 | 2.68 | 2.66 |
| 2回目 | 4.06 | 3.61 | 3.38 | 3.13 | 2.96 | 2.76 | 2.67 | 2.62 | 2.5  | 2.47 | 2.49 | 2.49 |
| 3回目 | 3.72 | 3.26 | 3.15 | 3.19 | 2.68 | 2.56 | 1.32 | 2.38 | 2.34 | 2.35 | 2.36 | 2.34 |
| 平均  | 3.85 | 3.01 | 3.27 | 3.15 | 2.89 | 2.75 | 2.27 | 2.58 | 2.5  | 2.49 | 2.51 | 2.5  |

⑤の120秒間の発光強度の平均は2.89

| ⑥   | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目 | 2.85 | 3.58 | 2.17 | 3.1  | 2.95 | 2.88 | 2.77 | 2.73 | 2.67 | 2.61 | 2.56 | 2.59 |
| 2回目 | 4.46 | 2.69 | 3.44 | 2.93 | 2.67 | 2.46 | 2.35 | 2.32 | 2.23 | 2.15 | 2.11 | 2.11 |
| 3回目 | 3.9  | 3.53 | 3.08 | 2.91 | 2.79 | 2.66 | 2.55 | 2.48 | 2.42 | 2.41 | 2.41 | 2.39 |
| 平均  | 3.74 | 3.27 | 2.9  | 2.98 | 2.8  | 2.67 | 2.56 | 2.51 | 2.44 | 2.39 | 2.36 | 2.36 |

⑥の120秒間の発光強度の平均は2.84

⑦は実験Ⅱの色素をBにより120秒間の発光強度の平均は2.88

| ⑧   | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1回目 | 2.98 | 3.34 | 2.85 | 2.63 | 2.48 | 2.43 | 2.38 | 2.32 | 2.26 | 2.23 | 2.19 | 2.2  |
| 2回目 | 4.16 | 3.42 | 2.99 | 2.8  | 2.63 | 2.51 | 2.5  | 2.54 | 2.44 | 2.39 | 2.35 | 2.27 |
| 3回目 | 3.96 | 3.28 | 2.94 | 2.72 | 2.56 | 2.45 | 2.38 | 2.38 | 2.36 | 2.32 | 2.25 | 2.2  |
| 平均  | 3.7  | 3.35 | 2.93 | 2.72 | 2.56 | 2.46 | 2.42 | 2.41 | 2.35 | 2.31 | 2.26 | 2.22 |

⑧の120秒間の発光強度の平均は2.64

※外れ値は赤字で表記し、そのデータは使用しない。

## 【まとめ】

|     |   | 色素       |             |        |       |
|-----|---|----------|-------------|--------|-------|
|     |   | A        | B           |        |       |
| 緩衝液 | 有 | 2.59     | <b>2.89</b> | ブタノール  | 発光促進剤 |
|     |   | 2.37     | 2.84        | プロパノール |       |
|     | 無 | 2.23(基準) | 2.88        | ブタノール  |       |
|     |   | 2.37     | 2.64        | プロパノール |       |

## 【考察】

仮説通りにならなかった。

実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲでは組み合わせがなかったエオシンとブタノール、プロパノールの相性などが関係していたと考えられる。

全体的にエオシン(色素)をB液に入れたほうが、発光強度が大きく、これはこの研究の成果である。

## 7 感想と今後の展望

先行研究は、色素をB液に入れることやブタノールの代わりにプロパノールを使用することなどは行っていなかったため、独自性があり、且つ発光強度を上昇させる方法が発見できて良かった。

この研究からエオシンはB液に入れると溶解が見られ、発光強度が上昇することが分かったが、エオシン以外の色素では必ずしもB液に入れたほうが発光強度が上昇するとはいえない。今後、エオシン以外の色素の発光強度を調べ、色素の水溶性が関係しているのかを調べていきたい。また、追実験が仮説通りにならなかったことについても今後詳しく調べ原因を追求したい。実験を通して、外れ値も少なくなく、ばらつきがみられたデータもあったので試行する回数を増やす事でデータの正確性を高めていきたい。

## 8 参考文献

- ・千葉県船橋高等学校理数科3年 飯田敬太. “イオンとphが発光強度に与える影響”  
[https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp\\_kousin/ssh/reserch/2019/2019\\_10c2.pdf](https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp_kousin/ssh/reserch/2019/2019_10c2.pdf)
- ・松本正勝. 生物の発光と化学発光. 共立出版、2019, 143p.
- ・千葉県立船橋高等学校理数科3年 大塚竜征. “シュウ酸ビスを用いた化学発光の添加物と発光強度の関係”  
[https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp\\_kousin/ssh/reserch/2016/2016\\_12c.pdf](https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp_kousin/ssh/reserch/2016/2016_12c.pdf)

# 生分解性プラスチックの分解条件

理数科3年

We conducted experiments to investigate the impact of light and pH on decomposition rates of biodegradable plastics. We hypothesized that creating conditions favorable for microorganism activity would increase the decomposition rate. The results of our experiments supported this hypothesis.

## 1 要旨

生分解性プラスチックが分解される仕組みに着目し、微生物の活動に有利な条件を作り出すことで分解速度が促進すると仮定した上で条件を変えて実験を行った。

## 2 研究目的

近年、環境問題に対応する手段として生分解性プラスチックが認知され始めている。しかし、実際には完全に分解されるまでに時間を要することなどから、一般家庭での生分解性プラスチックの使用や分解が普及しているとは言い難い。また、本校の先輩方は、放線菌土壌を用いて分解速度との関係を研究しており、放線菌土壌において分解速度が上がるという結果が得られていた。私たちは、微生物の活性化が生分解性プラスチックの分解速度上昇に有効であり、分解速度を上げることで生分解性プラスチックの普及が進むのではないかと考えた。そこで、分解に用いる液体や土壌の性質に着目し、微生物が活性化するとされるいくつかの条件を用意し、条件の違いによって生分解性プラスチックの分解速度に変化が見られるのかを調べた。

## 3 研究方法

【実験 1】採集地の異なる液体(海水、高田城址公園のお堀の水、湧水、水道水)を用意し、生分解性プラスチックの一種である PHBH(3-ヒドロキシブチレート-co-3-ヒドロキシヘキサノエート重合体)製のストローを入れて 37℃のインキュベータ内に保管した。

【実験 2】微生物が添加された土壌(放線菌土壌)と通常環境で採取した土壌を光の有無を変えて計 4 パターン用意し、PHBH 製のストローとポリ乳酸製のポリ袋片を入れて 50℃のインキュベータ内に保管した。※より効率的に実験を進めるため、インキュベータの温度を上げた。

【実験 3】黒土に石灰を追加して pH を変化させ、様々な pH を用意し、①では上記 2 種類、②では PHBH 製のストローのみをそれぞれを加えて実験を行った。また、①では各条件において平均値ではなく 1 個体のデータのみを用いてしまい、正確な結果が得られなかったため、追実験として②を行った。②では各条件について 3 個体の平均値をとった。分解中の環境を出来るだけ一定にするため、保水性が高い黒土土壌を用いた。

## 4 仮説

【実験 1】海水中で最も分解が進む。微生物が多い液体中でも分解が進む。

【実験 2】放線菌は光合成細菌を餌とするため、光あり条件下で活発に働き、光ありの放線菌土壌で最も分解が進む。通常の土壌に比べ、放線菌土壌(微生物が多く含まれる)土壌で分解が進む。

【実験 3】微生物が活性するとされている pH8.0 付近の土壌で最も分解される。

## 5 結果

【実験 1】水道水以外の全ての液体中で分解されたプラスチックと考えられる白い沈殿が生じていた。

また、この沈殿は海水で最も多く見られた。質量の減少はほとんど見られず、わずかに増えたものもあった。

【実験 2】 光なしより光あり、通常の土壌より放線菌土壌でそれぞれ分解が進んでいる傾向が見られた。また、見た目にも変化が現れた。

【実験 3】 pH が低い酸性よりの土壌では質量の減少が少なく、大きな見た目の変化は見られなかった。また、pH が 6.0～8.0 の土壌では質量の減少が大きかった。また、ストローとビニールで質量減少の幅に違いがみられたため、プラスチックの材料と分解についても関係があると考えられる。更に実験の前後で pH の変化が見られた。

※ポリ袋片は分解が進んだことにより粉々になってしまったものがいくつかあり、それらの質量は正確に測れなかった。 また、実験を開始した日付の違いの影響で短いグラフが存在する。

#### 【実験 1】

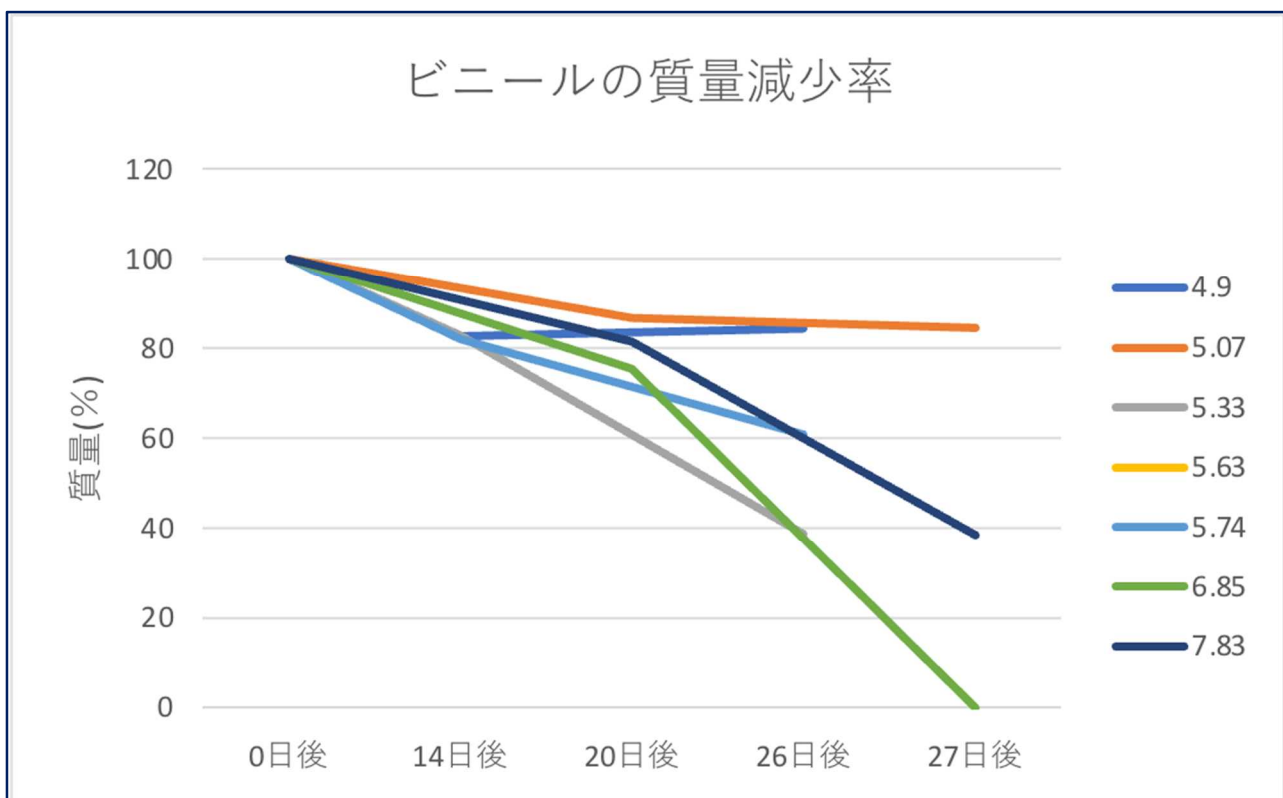
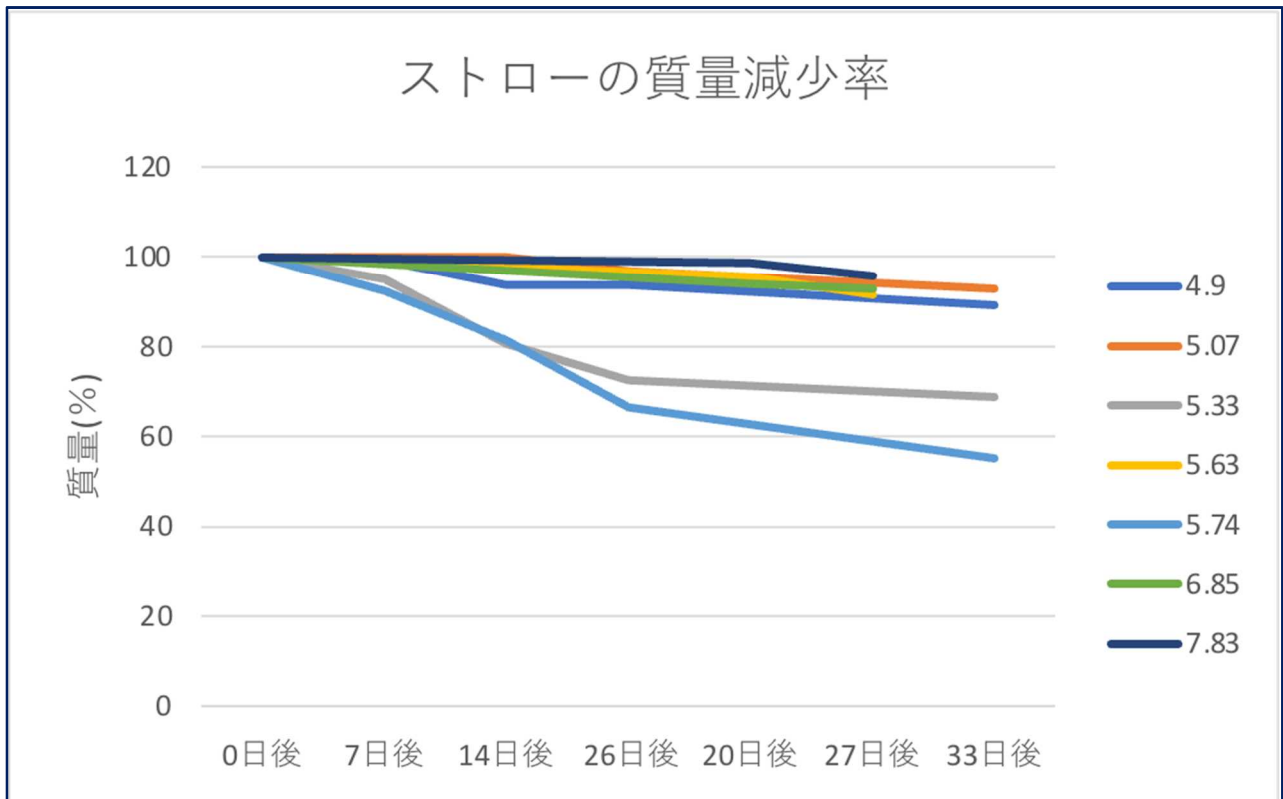
異なる液体中におけるプラスチックの質量変化量(g)

|           | 12 日後  | 20 日後  |
|-----------|--------|--------|
| 海水        | -0.06g | 0.00g  |
| 高田公園のお堀の水 | +0.05g | +0.01g |
| 水道水       | +0.09g | +0.02g |
| 湧水(能生)    | +0.08g | +0.01g |
| 湧水（大出口）   | +0.06g | 0.00g  |

#### 【実験 2】

|                    | 光あり                        | 光無し                 |
|--------------------|----------------------------|---------------------|
| 放線菌土壌<br>(変化後の質量)  | 表面が白く変化し、脆くなった<br>(-0.12g) | 表面が少し白い<br>(-0.09g) |
| 採取した土壌<br>(変化後の質量) | 表面が白く変化し、脆くなった<br>(-0.10g) | 表面が少し白い<br>(-0.08g) |

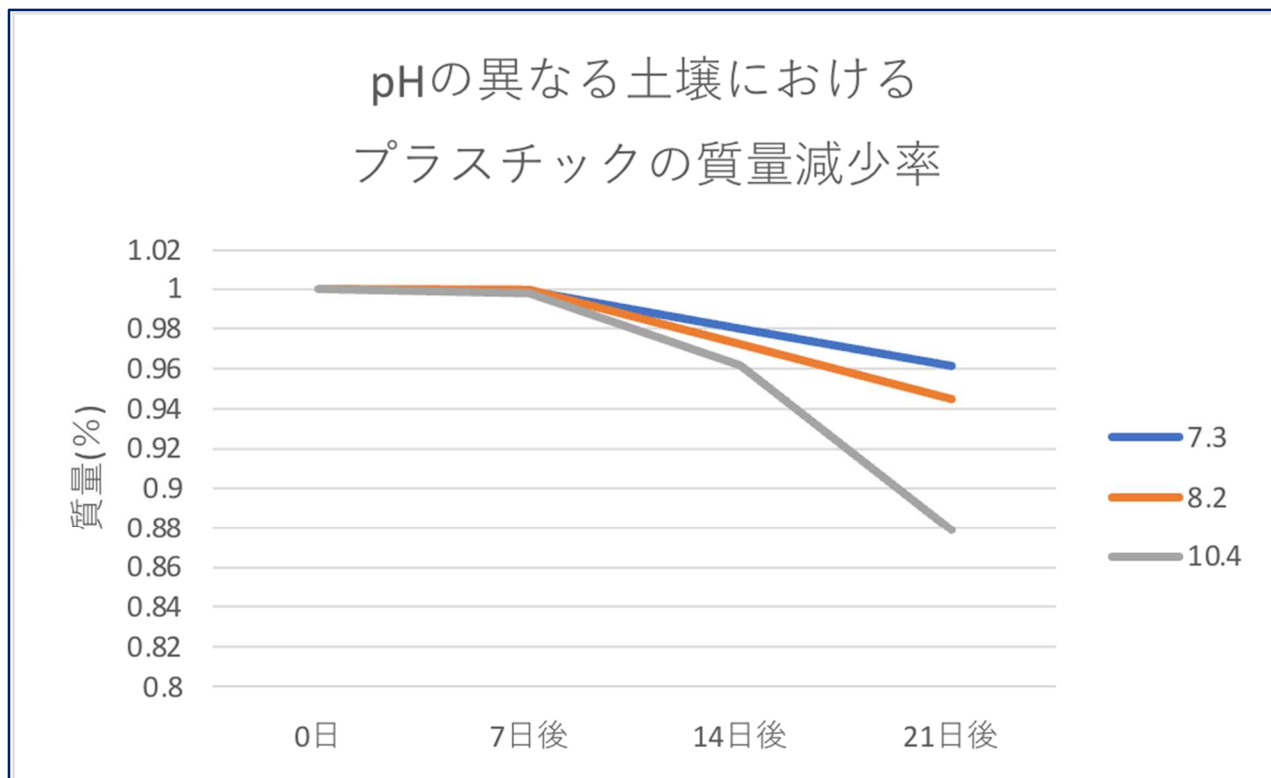
【実験 3③】



pH:分解前 分解後

青 : 4.99 → 4.90    赤 : 5.11 → 5.0    灰 : 5.56 → 5.33    水 : 5.63 → 5.74  
 黄 : 5.45 → 5.63    緑 : 6.10 → 6.85    紺 : 7.25 → 7.83

【実験 3㉔】



## 6 考察

【実験 1】 水道水以外の液体中で、分解されたプラスチックと思われる沈殿が生じていたため、微生物が生分解性プラスチックを分解させていると考えられる。質量の減少がほとんど見られなかったり、増加した要因として、プラスチックが水分を吸収してしまったことや液体を新しいものに交換しなかったため、分解が進まなかったことが考えられる。

【実験 2】 放線菌土壌の方が変化が大きかったことから、分解速度と微生物の働きに関連性があると考

えられる。それぞれの条件下で違いが見られたため、光の有無や土壌の種類によって微生物の働きに差が出ると考えられる。

【実験 3】 pH の上下の様子を比較すると、分解が進んでいるものほど pH が減少していることから、分解の結果生じた水素イオンや二酸化炭素が pH を下げるのに関与している可能性が考えられる。また、pH の値による分解速度の変化はあると考えられる。

## 7 結論

実験 1 では実験方法に不備があったり実際の環境に近い条件で実験を行うことができず、信頼性の持てる結果が得られなかった。実験 2、3 では、光の有無や土壌の微生物の量、pH を変化させた条件下でそれぞれ分解量に差が生まれたため、仮説はある程度確からしいと考えられるものの、仮説が正しいと決定づけるためには、より精密な条件で実験を行うことや長期的な実験が必要であるとする。また、実験 3 で実験の前後で pH の変化が起こった原因や、光や pH がどのように分解に作用しているかについても詳しく探る必要があると考える。本実験から得られたことを、実際の環境下で応用できるような研究をさらに進めていきたい。

## 8 参考文献

- ・カネカ株式会社. カネカ生分解性バイオポリマー.Green Planet でなぜ世界が健康になるの？ -2023 年
- ・兵庫県立神戸高等学校総合学科 2 年. 生分解性プラスチックの分解条件 -生分解に最適な培地の栄養状態-2021 年
- ・生分解性プラスチックの分解速度のコントロールを目指して, 岩田忠久-2018 年
- ・株式会社東邦微生物病研究所 総合衛生研究所ティ・ビー・エル. 微生物と pH
- ・新潟県立高田高等学校理数科 3 年. 放線菌による生分解性プラスチックの分解について-2023 年

# メダカのカフェイン耐性について

理数科 3 年

Caffeine has become so readily available to us that overconsumption has become a problem. We conducted a study of caffeine tolerance in home improvement killifish to determine the strength and ease with which tolerance develops.

## 1 序論

コーヒーなどに多く含まれるカフェインは覚醒作用によって眠気の解消などに用いられるが、複数回摂取することによって耐性が付き、効能が弱まることを知った。また、長期間にわたりカフェインを摂取することによって慢性的にカフェインに依存してしまい、頭痛や眠気、集中力低下などの離脱症状を引き起こしてしまうため、手軽にコーヒーやエナジードリンクなどでカフェインを過剰に摂取することのできる現代の若者にとって、身近に迫る問題であり、日頃のカフェインとの付き合い方について考えていかなければならない課題であると言える。そこでホームセンターのメダカを用いて、具体的なカフェイン耐性のメカニズムや耐性の強さ、つきやすさについての実験を行った。

## 2 予備実験

カフェイン溶液の中にメダカを入れ、メダカのカフェインの効能が現れるか、また、濃度を変えることにより、相対的に半数致死量を求める実験を行った。予備実験より、メダカにカフェインの効果が現れ、またその効果の詳細を観察することができた。

## 3 本実験①

### 【目的】

長期的にカフェインを摂取させ、カフェインの離脱症状が現れるかどうかを観察する。

### 【方法】

100ml ビーカーに 1L あたり 600mg の濃度で 15 分間メダカを 1 日おきに入れ、カフェインを摂取させる。また、この時カフェイン溶液から水槽に戻したメダカの様子を戻した直後、24 時間後に観察した。(図 1)

カフェイン溶液に入れたメダカは急性的なカフェイン中毒により重篤な症状が現れる。水槽のメダカは一定時間後に慢性的なカフェイン中毒によりカフェインの離脱症状が現れる。

### 【結果】

- ・1L あたり 600mg の濃度の致死量は約 5.6% (22 回中) であった。カフェイン溶液に入っている際、急性的なカフェイン中毒症状は現れなかった。
- ・水槽内に戻した直後、急激に痙攣や失神の様子がどの個体にも見られた。
- ・実験を重ねるにつれて、水槽内に戻して 24 時間後のメダカは動きや反応が鈍くなっていき、ふらつく個体も見られた。
- ・実験①を通して、総じて体格の小さい個体は、症状が重く、また死に至りやすい傾向にあった。

### 【考察】

- ・急性的なカフェイン中毒症状が現れなかった現象については、致死率が約 5.6% と非常に低い値であったため、重篤な症状が現れなかったと考えられる。
- ・実験を重ねるにつれて、動きや反応が鈍くなった現象については、慢性的なカフェイン中毒によって、カフェイン離脱症状が起こったと考えられる。
- ・人体と同様、体格が大きいほど、カフェインに対する許容範囲、致死量が大きいと考えられる。



図 1 実験の様子

## 4 本実験②

### 【目的】

実験1で長期的にカフェインを摂取させたメダカにカフェイン耐性がついたかどうかを調べる。

### 【方法】

実験①で繰り返しカフェインを摂取させたメダカと、一度もカフェインを与えなかったメダカに予備実験より半数致死量である 1L あたり 700mg の濃度で実験①と同じ手法でカフェインを摂取させ、それぞれの様子、致死率を測り比較する。

### 【仮説】

繰り返しカフェインを摂取させたメダカは、カフェイン耐性がついているため、カフェインを一度も与えなかったメダカに比べて致死率が低くなる。

### 【結果】

- ・繰り返しカフェインを与えたメダカに比べて、一度もカフェインを与えなかったメダカの大半が、カフェイン溶液に入っている段階で、痙攣、失神の症状が現れた。（水槽内に戻したときも同様）
- ・繰り返しカフェインを与えたメダカは、今回の実験では1匹も死に至らなかったが、一度もカフェインを与えなかったメダカの致死率は約60%であった。

### 【考察】

- ・繰り返しカフェインを与えたメダカの方が、一度も与えなかったメダカに比べてカフェインへの許容範囲が大きい（カフェイン耐性がついた）と言える。（懸念点として、繰り返し与える段階で体格の大きな個体のみが生き残ったと言う可能性がある。）
- ・一度もカフェインを与えなかったメダカのうち今回の実験で死に至ったメダカはやはり体格の小さな個体が多かった。

## 5 結論と展望

実験②において、継続的にカフェインを摂取していたメダカとしていないメダカとで、致死率に大きな差が生まれたことから、メダカは継続的なカフェイン摂取によりカフェイン耐性が生まれると言える。ただし、体格などの、その他の条件も複雑に関与していると考えられる。今後は、カフェイン耐性が生まれることを前提として、カフェイン耐性の生まれる条件や、その強さなど、より詳しい実験を行なっていきたい。そして、今回私たちのプレゼン、発表を見て、カフェイン耐性のメカニズムや、離脱症状など、私たちに身近なカフェインについて知ってもらい、自身のカフェインとの付き合い方について、少しでも考え直すきっかけとなれば幸いです。

## 6 参考文献

EIC ネット. 「LD50」. <https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=252>, (参照 2023/7/18)

TCI Chemicals. 「caffeine 58-08-2」. <https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/C2042>, (参照 2023/7/18)

日本経済新聞. 「知っていますか？自分のカフェインの安全量」

. <https://www.nikkei.com/nstyle-article/DGXMZ095861590X00C16A1000000/#:~:text=繰り返しカフェインを摂取,離脱症状が現れます%E3%80%82>, (参照 2023/7/18)

# メダカ受精卵の黒色素胞形成と照度の関係

理数科3年

Medaka medaka perceive ambient light with their eyes and undergo a physiological body color change in which they apply their own body color to their surroundings in order to protect themselves from predators. Chromatophores within epidermal cells are responsible for this change. In this study, we investigated the effects of illumination on the development of fertilized eggs and the formation of black chromatophores in the Japanese medaka, *Oryzias latipes*.

## 1 序論

メダカは周囲の光を目で受容し、捕食者から身を守るために自身の体の色を周囲に適用させる生理学的体色変化を行う。この変化に関わるのが表皮細胞内に存在する色素胞である。この研究ではメダカの受精卵、稚魚を対象とし、照度が受精卵の発育と黒色素胞の形成に与える影響について調査した。

## 2 実験1 受精卵の各照度下における発育

[目的] 受精卵の照度の違いによる発育の差異を調べる

[方法] 受精卵を三種類の照度(0 lx、1200 lx、3,200 lx)の白色光のもとで生育し、孵化するまでの期間を測る

また孵化するまでの基準日は先行研究より、17日として設定する(2000 lxの条件)

[飼育条件]

| 個体群     | 1     | 2        | 3        |
|---------|-------|----------|----------|
| 個体数     | 6匹    | 8匹       | 6匹       |
| 水温      | 22±2℃ |          |          |
| 明期／暗期   | 18/6  |          |          |
| 照度 (lx) | 0 lx  | 1,200 lx | 3,200 lx |

[結果]

| 個体群 | 1     | 2     | 3     |
|-----|-------|-------|-------|
| 日数  | 19～22 | 17～18 | 15～17 |

また、個体群1では3匹、個体群2では1匹が孵化することができなかった

[考察]

個体群1,2のように基準日として設定した環境よりも小さい光量のもとでは孵化が遅れ、さらに孵化不全も確認された。逆に個体群3では孵化が早期化した。このことから光量が多い環境下では孵化の早期化、反対に少ない環境下では孵化の遅延とそれに伴う孵化不全が起こると考えられる。

## 実験2 同一の光量のもとでの黒色素胞の発達の測定

[目的] 受精卵の期間での照度の違いが黒色素胞の発達に与えた影響を調べる

〔方法〕 実験1で孵化したメダカの稚魚を同一照度(300-700 lx)で生育し、それぞれのメダカの画像を撮影して黒色素胞の被度を調べた  
このとき画像に二値化処理を施し、データを定量化した



処理前

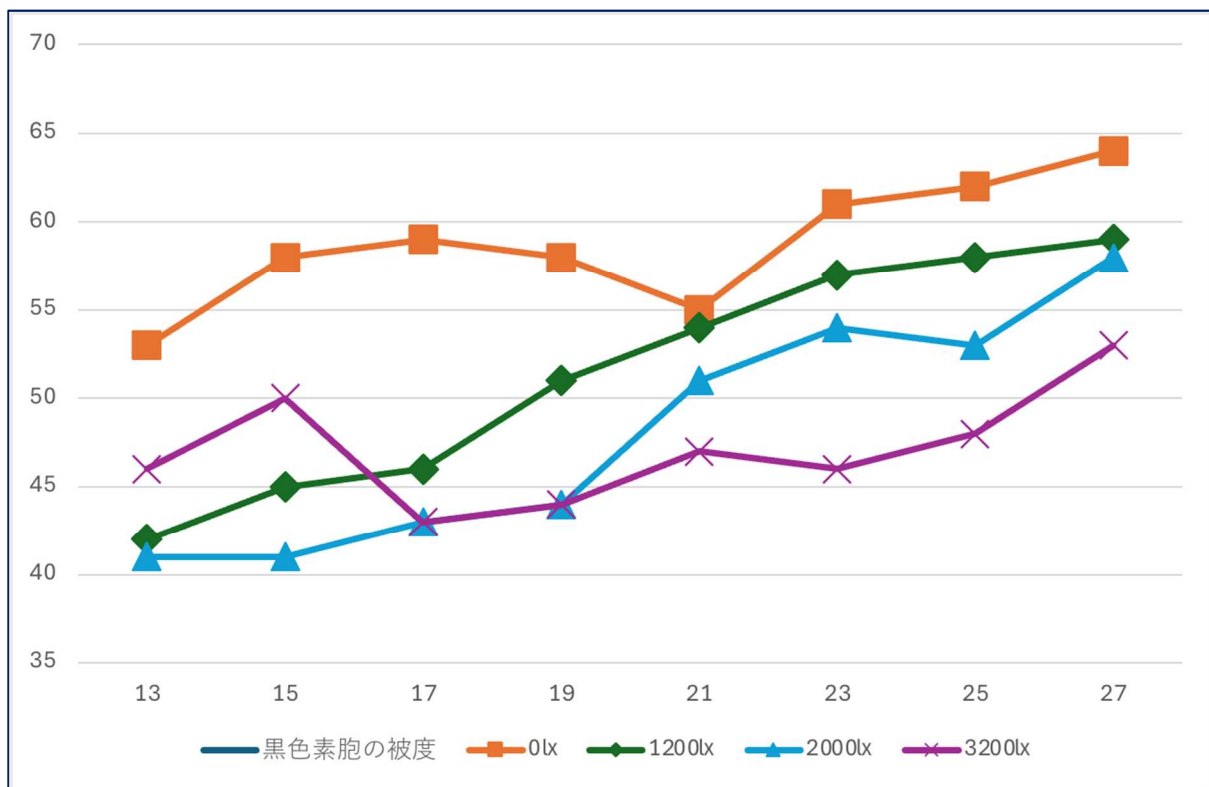


処理後

また値の算出は

黒色素胞の割合＝黒色素胞のみの画像の黒色の割合÷メダカ全体の画像の黒色の面積の割合×100  
で行なった

〔結果〕



#### [考察]

基準環境よりも、光量が少ない0 lxと、1200 lxの環境では、黒色素胞の発達がより顕著に現れた。また、光量の多い3200 lxの下では、黒色素胞の発達が抑制された。この結果から、受精卵期間における光量の多寡が稚魚の黒色素胞の発達に影響することが考えられる。

### 3 今後の展望

今回の実験では期間の問題により、わずかに三種類の条件のもとでしか実験を行えなかった。今後は多くの条件のもとで実験を行い、より正確に光条件と受精卵の発育、黒色素胞の発達の関わりについて探っていききたい。

### 4 参考文献

- ・メダカにおける黒色素胞の形成および受精卵の発育と光条件 兵庫県立神戸高等学校

[https://seika.ssh.kobe-hs.org/media/common/KadaiKenkyuu/seibutu/2022/2022\\_%E3%83%A1%E3%83%80%E3%82%AB%E7%8F%AD%E8%AA%B2%E9%A1%8C%E7%A0%94%E7%A9%B6%E8%AB%96%E6%96%87.pdf](https://seika.ssh.kobe-hs.org/media/common/KadaiKenkyuu/seibutu/2022/2022_%E3%83%A1%E3%83%80%E3%82%AB%E7%8F%AD%E8%AA%B2%E9%A1%8C%E7%A0%94%E7%A9%B6%E8%AB%96%E6%96%87.pdf)

- ・岡村直道 メダカの色素胞と体色変化 筑波医療科学

[https://www.md.tsukuba.ac.jp/cnmt/Medtec/TJMS/TJMS1\(3\)-6\(okamura\).pdf](https://www.md.tsukuba.ac.jp/cnmt/Medtec/TJMS/TJMS1(3)-6(okamura).pdf)



# メディカルコース生 研究論文

# 睡眠と高校生

理数科 3 年

I conducted research on the current situation and causes of sleep deprivation among high school students, and considered the solution of taking naps, with actual examples taken into account.

## 1 要旨

高校生の睡眠不足の現状や原因を調査し、昼寝での解決法を実例と共に考察した。

## 2 研究目的

世界的に見ても短いと言われる日本人の睡眠時間。またその中でも、心身が成長する小中高生についての睡眠不足は深刻な問題となっている。そこで、改善策を考え、多くの人に睡眠の重要性、必要性を認知してもらうのと同時に、今後の生活改善のきっかけとなるようにするため、この研究を行った。

## 3 調査方法

インターネットで調べた。

## 4 現状

そもそもなぜ睡眠は必要なのだろうか。睡眠には主に疲労回復、心の調整、生活習慣病の予防、免疫力の向上、記憶定着、の 5 つの効果があり、質の良い睡眠を取ることでこれらの効果が発揮される。では、日本の現状はどうだろうか。経済協力開発機構 (Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) の調査によると、世界と比べると日本人の睡眠時間は明らかに少ない。(図 1) また、高校生の平日の平均睡眠時間は 6 時間 40 分であり、理想としている 7, 8 時間と比べると短くなってしまっている。それぞれの原因としては、高度経済成長期の発展と共に就寝時間が遅くなり、24 時間型の社会になったことが日本人の睡眠不足を招いていると考えられている。それに伴い高校生が夜起きていることに対しての抵抗感が無くなるのが高校生の睡眠不足の 1 つの原因となる。また、高校生は塾や部活動、家庭学習により睡眠時間の確保が難しいのも原因であると言える。

## 5 提案

そこで私は昼寝での解決策を提案する。具体的には、昼休みに 15 分間の昼寝の時間を設けることを提案する。これには大きく 2 つのメリットが考えられる。

一つ目は、夜間の睡眠不足を補うことができることである。睡眠不足は心身に良くないとわかっていても、今の生活から極端に変えることは難しいと考えられる。そんな中、昼寝をすることは生活リズムを変えずに必要な睡眠を少しでも補うことができる方法である。

二つ目は、午後の活動の質を向上することができることだ。人間には体内時計と呼ばれるものがあり、1 日は睡眠と覚醒のリズムの 2 つに分かれている。(図 2) また、1 日の眠気の強さは、24 時間周期で午前 2 時～4 時に強い眠気のピークがくる概日リズムと 12 時間周期で午前、午後の 2 時～4 時に眠気のピークがくる概半日リズムの大きく 2 つの波がある。これにより睡眠不足でなくても午後 2 時～4 時に眠くなってしまふ。しかし、昼寝をすることにより、この午後の眠気に対して一時的に体力を回復させることができる。また、これ以外のメリットとして、昼寝をすることで気分を切り替えることができ、良いリフレッシュとなることや、眠気に対してのカフェインの過剰摂取の予防に期待できることなどが挙げられる。

## 6 実例

実際に昼休みに昼寝を実施した学校の取り組みを紹介する。福岡県の県立名善高校では、昼休みの15分間に昼寝をする取り組みが行われた。生徒は昼寝が始まる放送を聞くと、机にうつぶした状態になり、放送からモーツァルトの音楽が流れる中15分間昼寝をするといった取り組みだ。この取り組みが行われた後の調査では、昼寝の時間に週一回以上寝たという生徒からは、頭がスッキリした。授業に集中できた。勉強にやる気が出た。最近の成績が向上している。生活リズムが安定した。などという回答が得られた。それに対して、昼寝の時間に寝ず、授業中に寝てしまった生徒からは、生活が不規則、睡眠の質が悪いなどの回答であった。

この取り組みから、昼寝をすることは学習の質の向上にも繋がっているということがわかる。他にも熊本県立宇土高校や長野県長野高校、岡山県立岡山城東高校などいくつかの高校も昼寝の取り組みを実践している。

## 7 まとめ

近年企業や学校で昼寝制度が導入されており、昼寝への関心が高まっている。もちろん、夜間に十分な睡眠をとることが大事だが、すぐ実行できる睡眠不足への解決法として昼寝は良い方法だと考えられる。また、学習への集中力向上、ひいては成績向上にもつながる可能性もある。そんな昼寝を日常に取り入れてみてはどうだろうか。

# 睡眠時間の国際比較

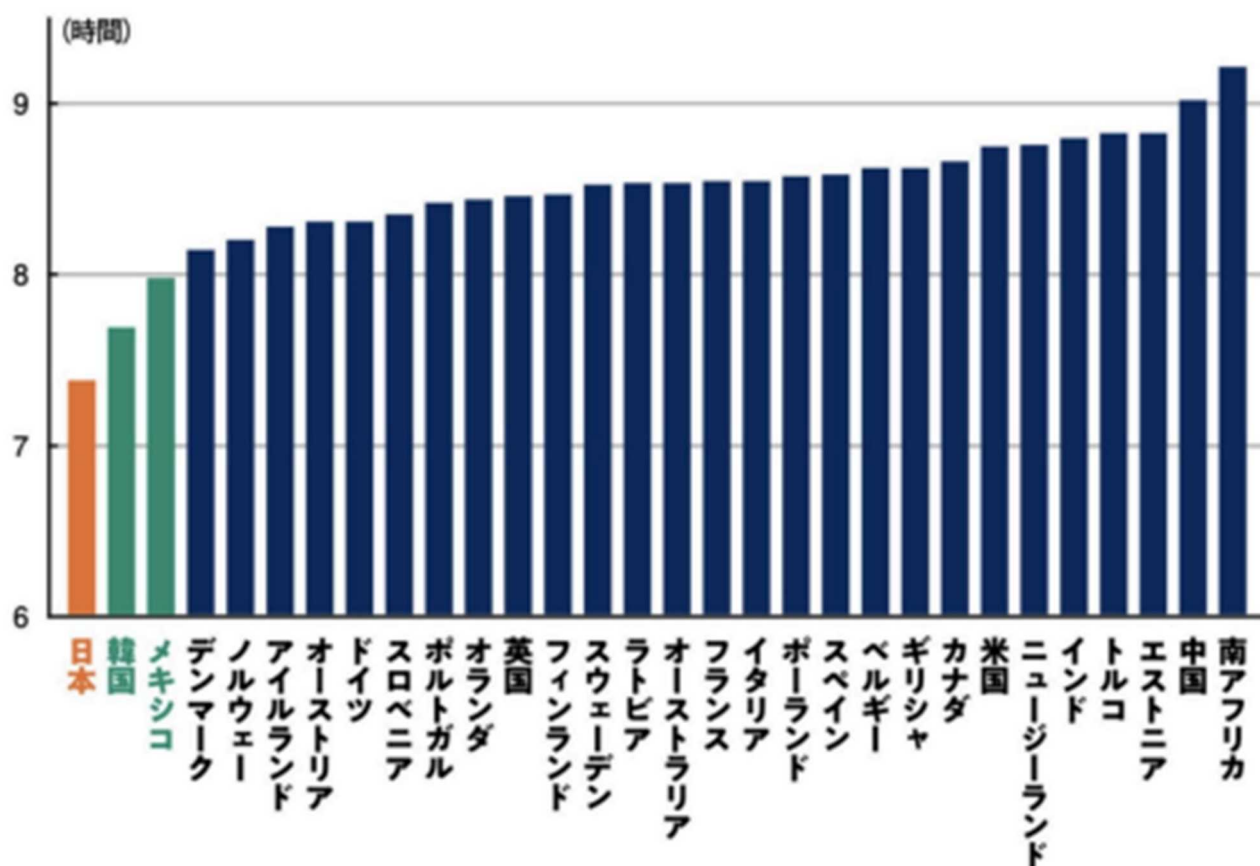


図1

## 一日の眠気のリズム

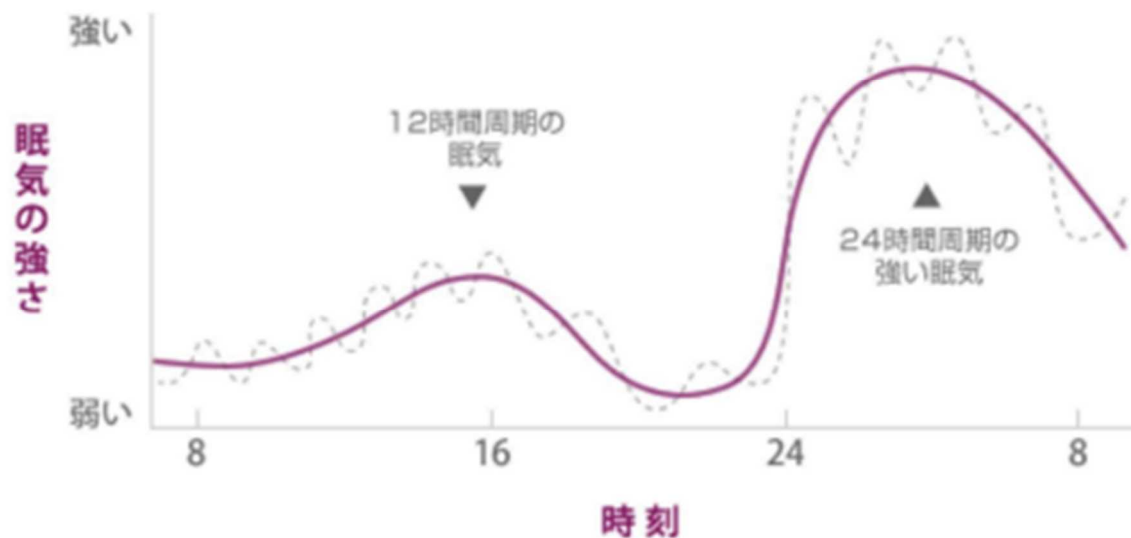


図 2

## 8 参考文献

- ・ 国立大学法人 千葉大学 “睡眠パターンと学習成績や心身状態は関連するのか-OPAC”  
[https://opac.11.chiba-u.jp/da/curator/900118662/13482084\\_63\\_375-379.pdf](https://opac.11.chiba-u.jp/da/curator/900118662/13482084_63_375-379.pdf)
- ・ カオナビ ” シエスタ（制度）とは？【スペインの昼寝文化】意味を解説 “  
<https://www.kaonavi.jp/dictionary/siesta/#:~:text=シエスタ>
- ・ 日経メディカル ” 高校で昼寝タイムを導入したら・・・1 日 15 分で-日経メディカル”  
<https://medical.nikkeibp.co.jp/inc/all/hotnews/archives/395485.html>

(図 1) TarzanWeb” 世界一眠らない国民、日本人の免疫が危ない！”

<https://tarzanweb.jp/post-214048>

(図 2) タイムズカーレンタカー ” 居眠り運転防止講座-レンタカーならタイムズカーレンタル”

<https://rental.timescar.jp/knowledge/drowsydrive.html>

# 新型出生前診断と人工妊娠中絶に関する課題

理数科 3 年

I was interested in the current situation of Non-Invasive Prenatal Genetic Testing (NIPT) and conducted some research. As a result, I discovered that misinformation about the accuracy and target diseases of NIPT is spreading. Additionally, some non-certified facilities are conducting the test without the necessary scientific evidence.

## 1 要旨

新型出生前診断 (Non Invasive Prenatal Genetic Testing:NIPT) について興味を持ち、日本での NIPT の現状について調査した。その結果、NIPT の精度や対象疾患について誤った知識が浸透していることや、非認証施設において科学的根拠のない検査が行われているといった課題があることが分かった。

## 2 研究目的

2013 年より臨床研究が開始された胎児の染色体異常発見のための遺伝子学的検査の一つである。本研究では妊婦やその家族が出生前診断の現状やリスクを正しく理解した上で妊娠・出産に関する選択を行うためにはどうしたら良いかを考え、その解決策を提案した。また NIPT が認可されてから、その結果を理由にした人工妊娠中絶について盛んに議論されるが、多くの場合、道徳的な観点からその是非を問うものになりがちである。そのため、今回はあえてその是非ではなく、科学的な視点から出生前診断と人工妊娠中絶のあり方についても考察した。

## 3 研究方法

インターネットや文献を中心に、日本の NIPT の実施状況を調査し、その課題についても考察した。

## 4 研究結果

主な出生前診断の概略 (NIPT を含む) について表 1 で示した。NIPT の対象となる疾患 (2024 年 6 月時点で NIPT の有効性が証明されているもの) は 13・18・21 番トリソミーの 3 種の疾患のみである。NIPT は母体からの採血のみで実施可能な非確定検査 (それだけでは胎児の疾患の有無が完全には判明しない検査) であり、確定検査に比べてリスクがほとんどない。NIPT のメリットとして低リスクであることが挙げられるが、その点においては、他の非確定検査もリスクは十分低いと言える。では、その精度についてはどうだろうか。NIPT の陽性的中率を表 2 に示した。陽性的中率は陽性と診断された胎児が実際に陽性であった割合を示している。表 2 からわかる通り、疾患の種類によってその陽性的中率には差が見られる。つまり、NIPT の精度を一概に高いということとはできない。次に、NIPT 認証制度について調査した。厚生労働省と日本産婦人科学会を中心に結成された出生前検査認証等運営委員会による指針 (表 4) に基づいた認証制度において、認可を受けていない非認証施設の一部が、有効性の実証されていない検査を行なっていることが分かった。最後に、NIPT と人工妊娠中絶について関連づけて調査した。円グラフより、NIPT を受けた後、陽性が確定した妊婦 983 人うち 898 人 (約 91%) が人工妊娠中絶を選択していることが分かる。

|         | 非確定検査                                     |                    |                                | 確定検査        |          |
|---------|-------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------|----------|
| 検査名     | 新型出生前診断(NIPT)                             | コンバインド検査           | 母体血清マーカー検査                     | 絨毛検査        | 羊水検査     |
| 実施週数    | 9～10週以降                                   | 11～13週             | 15～18週                         | 11～14週      | 15～16週以降 |
| 対象となる疾患 | 21トリソミー<br>(ダウン症候群)<br>18トリソミー<br>13トリソミー | 21トリソミー<br>18トリソミー | 21トリソミー<br>18トリソミー<br>開放性神経管奇形 | 染色体異常全般     |          |
| 方法      | 採血                                        | 超音波検査・採血           | 採血                             | 絨毛を採取       | 羊水を採取    |
| 結果通知    | 1～2週間                                     | 2週間程度              |                                | 2～3週間程度     |          |
| リスク     | 偽陽性の可能性                                   | 偽陽性の可能性            |                                | 流産・死産のリスクあり |          |
| 費用      | 10～20万円                                   | 5千円～5万円            | 2～3万円                          | 10～20万円     |          |

表 1 出生前診断の検査方法についての概要

|           | 21トリソミー | 18トリソミー | 13トリソミー | 合計    |
|-----------|---------|---------|---------|-------|
| 陽性と診断された人 | 1,100   | 559     | 166     | 1,825 |
| 確定診断を受けた人 | 981     | 417     | 138     | 1,536 |
| 陽性確定した人   | 955     | 367     | 75      | 1,397 |
| 陽性的中率     | 97.3%   | 88.0%   | 54.3%   | 91.0% |

表 2 NIPT の陽性的中率

|          | 日本産婦人科学会による指針<br>(2013年3月)                                | 出生前検査認証制度等運営委員会<br>による指針 (2022年3月) |
|----------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 検査対象     | 35歳以上の妊婦※                                                 | すべての年齢で可能                          |
| 医師に関する条件 | 産婦人科医・小児科医が常勤                                             | 研修を受けた産婦人科医のみの<br>クリニックも認定         |
| 情報提供について | 積極的な情報提供なし                                                | 自治体窓口でチラシを配布運営<br>委員会のHPにて発信       |
| 対象疾患     | 13番トリソミー(ダウン症候群)<br>18番トリソミー(エドワーズ症候群)<br>21番トリソミー(パウ症候群) |                                    |
| その他      | 検査前後の遺伝カウンセリングなどが義務づけられている                                |                                    |

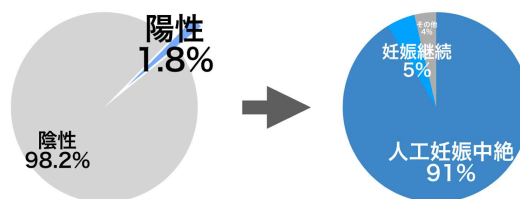


表 3 NIPT に関する変更点

## 5 結論

NIPT に関する誤った情報がインターネットを中心に浸透している現状があり、出生前診断は妊婦やその家族の胎児に関する決断において重要な役割を担っているため、このような現状は早急に改善されなければならない。政府機関や医療機関は科学的根拠に基づいた情報提供を積極的に行うべきである。一方で、妊婦やその家族自身にも正しい情報はどれなのか知る責任が生じる。

いくつかの非認証施設で行われている、科学的に有効性が実証されていない疾患を対象とした NIPT の検査は妊婦やその家族の不安につけ込んだ悪質なものである。公的機関、主に出生前検査認証制度等運営委員会を運営している厚生労働省と日本産婦人科学会を中心に、非認証施設の実態調査（施設数、検査の実施件数、医療体制などについて）を行い、悪質な施設については規制を行う必要がある。

と考える。

## 6 参考文献

- 1) 東京集会実行委員会.” みんなで話そう新型出生前診断はだれのため?” . 2019. 厚生労働省.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/11908000/000652443.pdf> , (参照 2023-11-24)
- 2) 出生前検査認証制度等運営委員会. “出生前検査認証制度等運営委員会設置の経緯について” .  
“お腹の赤ちゃんの検査の種類 “. 出生前検査認証制度等運営委員会. 2023-08-31.  
<https://jams-prenatal.jp/installation-history/> , <https://jams-prenatal.jp/testing/> ,  
(参照 2023-11-31)
- 3) 関沢明彦. “出生前検査、特に NIPT における課題” . 日本産婦人科医会.  
<https://www.jaog.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/03/b57ec127b011ab8c80495e2ed60d6cc5.pdf> ,  
(参照 2023-11-31)
- 4) 三上幹男. “母体血を用いた出生前遺伝学的検査 (NIPT) に関する指針” . 厚生労働省.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/11908000/000687364.pdf> , (参照 2023-11-31)
- 5) 厚生科学審議会科学技術部会 NIPT 等の出生前検査に関する専門委員会.” NIPT 等の出生前検査に関する専門委員会報告書” . 2021. 厚生労働省.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000783387.pdf> , (参照 2024-01-12)
- 6) クリフム出生前診断クリニック.” NIPT を新型出生前診断と名付けたことによる問題点” .  
<https://fetal-medicine-poooh.jp/column/problem/> , (参照 2024 01-12)
- 7) 遺伝性疾患プラス編集部.” 18 トリソミー症候群” .” ダウン症候群” .” 13 トリソミー症候群” .  
<https://genetics.qlife.jp/diseases/down> , 遺伝性疾患プラス (参照 2024-03)

# 首都直下地震を生き延びるための災害医療現場づくり ～多機関・多職種との連携による未治療死を減らすための取組～

理数科 3 年

**Objective:** The probability of a huge earthquake which directly hit the Tokyo metropolitan area within the next 30 years is 70%, with an estimated 21,900 serious injuries. Many people are expected to be affected. Even if they survive the initial disaster, medical collapse at the disaster site could prevent them from receiving necessary care. Therefore, the purpose of this study is to learn from past disasters (Hanshin-Awaji Earthquake, Mount Usu Eruption, Kumamoto Earthquake, Great East Japan Earthquake, and Noto Peninsula Earthquake) and find ways to prevent medical collapse due to huge earthquake in Tokyo area.

**Results:** Using a "Disaster Medical Activity Simulation System," the study found that if the number of injured people is below 40% of the expected number, medical collapse can be prevented. Even if it exceeds 40% this study shows that it is possible to reduce the number of untreated deaths due to medical collapse by learning from the Great East Japan Earthquake and implementing measures such as cooperation with DMAT, the Self-Defense Forces, rescue aircraft, and experts.

**Future challenges** This study identified the threshold for preventing medical collapse during a huge earthquake in Tokyo area. Future research needs to address issues not included in this study, such as the impact of people unable to return home and the ethical problems of triage in the event of medical collapse.

## 1 要旨

**目的:** 首都直下地震は、今後 30 年以内に発生する確率が 70%、重症者数は 21,900 人とされ、多くの人的被害が予測される。発生災害死を免れたとしても、災害現場で医療崩壊すると助かるはずの命も救えない。そこで、過去の震災（阪神淡路大震災・有珠山噴火・熊本地震・東日本大震災・能登半島地震）の教訓を生かしつつ、首都直下地震で医療崩壊しないための災害医療対応について明らかにすることを本研究の目的とし調査した。

**結果:** 「災害医療活動シミュレーション・システム」によって、首都直下地震での発生傷病者数が想定 4 割を下回れば、医療崩壊しないことが分かった。4 割を下回らない場合でも、東日本大震災の教訓を生かして、「DMAT との連携・自衛隊との連携・救援航空機の活用・専門家との連携」について対策を講じることで、医療崩壊による未治療死を防ぐ一助となり得ることを示すことができた。

**今後の課題:** 首都直下地震で医療崩壊を防ぐことができる限界点は分かった。今後の研究課題として、今回想定に入っていない「発災による帰宅困難者の影響での医療崩壊」や、「医療崩壊した場合のトリアージについての倫理的問題」などが明らかになった。

## 2 研究目的

首都直下地震が発生すると、東日本大震災を上回る人的被害が予測されている。未治療死をいかに減らすことができるか、過去の震災からの教訓を生かし、首都直下地震で医療崩壊しないための災害医療対応について検討するため、本研究を行う。

## 3 研究方法

- ・過去の代表的な震災における災害医療現場の状況について文献や新聞で調べ、当時の災害医療現場の課題から、次世代に生かすことができる教訓を汲み取る。
- ・首都直下地震の被害想定について、内閣府や東京都の刊行物やインターネットで公表されているデータを調査し、未治療死を防ぐための防災・減災対策について考察する。

## 4 過去の災害からの教訓

### (1) 阪神淡路大震災

#### ①被災状況・医療現場の課題

- ・1995 年の阪神淡路大震災は、神戸市を中心に約 6,400 人が死亡し、建物の倒壊や火災が広範囲に発生。約 25 万棟の家屋が全半壊し、インフラが大規模に破壊された。

- ・被災地で中心的な役割を担う災害医療病院・医療チームはなかった。重症患者の搬送が適切に行われなかった。

## ②災害後の対応策・教訓

- ・厚生労働省は、平成8年に『災害時における初期救急医療体制の充実強化について』を発出し、災害時に中心的な役割を担う拠点病院の整備を進めた。
- ・急性期から現場で活動する医療チーム DMAT（災害医療支援チーム）を創設。広域災害救急情報システムを作り、後方搬送を可能にした。

## (2) 有珠山噴火

### ①被災状況・医療現場の課題

- ・2000年の有珠山噴火では、住民1万6,000人が避難し、建物や道路が火山灰や土石流で損壊。人的被害はなかったが、観光業などに経済的損失が生じた。
- ・入院患者の急な避難の最中、患者情報の詳細を受け入れ先病院に伝える事は困難だった。まだ「トリアージ」の概念が知られていない中、患者の最低限の情報はベッドネームに記載して搬送した。

### ②災害後の対応策・教訓

- ・「トリアージ」が着目された。医療従事者は、患者に優先順位を付ける必要があることと、優先順位の判断力を付けることが重要であるという教訓を得た。

## (3) 東日本大震災

### ①被災状況・医療現場の課題

- ・2011年のマグニチュード9.0の巨大地震とそれに続く津波が、東北地方を襲った。約1万5千人が死亡、2500人以上が行方不明となり、12万人以上が避難生活を送った。福島第一原子力発電所事故も引き起こされ、広範な放射能汚染が発生した。
- ・津波によって9割が溺死、80日を超える長期の急遽活動で、被災者や救援の医療従事者が心的外傷を経験した。

### ②災害後の対応策・教訓

- ・津波などの被害想定の見直しや、建物の耐震化・不燃化・DMATや自衛隊や自治体との連携を強化する必要があることが分かった。
- ・放射線に関する情報提供や教育活動を強化していった。

## (4) 熊本地震

### ①被災状況・医療現場の課題

- ・2016年の熊本地震は、約270人が死亡し、4万4,000棟以上の建物が全半壊。大規模な土砂崩れやインフラ破壊が発生し、14万人が避難生活を強いられた。
- ・発災が夜間時間帯であったため、グループホームや老人ホームは少ないスタッフで、利用者をケアして避難する必要があった。ケアニーズの高い福祉施設への適切な支援が課題となった。

### ②災害後の対応策・教訓

- ・DMATを含む多くの医療チームがすぐに現地にかけつけ、避難所や医療機関で活動した。
- ・災害時には、要配慮者（高齢者、障害者、乳幼児、妊産婦、外国人等）への支援が必要であることが分かった。

## (5) 能登半島地震

### ①被災状況・医療現場の課題

- ・2024年元旦の能登半島で発生した地震は、死者260名、行方不明者3名となった。
- ・3方向を海に囲まれた半島で道路が寸断され、救助隊を送り込むことが難しくなった。
- ・元旦の発災のため、帰省者が多く、被災者の確認が困難だった。

### ②災害後の対応策・教訓

- ・半島の先端のような被災地に自衛隊や、警察、消防が陸路でたどり着けない場合の初動対応について検討する必要がある。

## 5 「災害医療活動シミュレーション・システム」の活用

阪神・淡路大震災では、被災地の建物やライフラインの損壊によって医療機能は停止したため、未治療死（自然災害発生による死亡を免れたものの、その後適切な医療を受けることができずに発生する急性期の死亡）を回避出来なかった。そこで、「災害医療活動シミュレーション・システム」を用いた研究を読み解き、首都直下地震で医療崩壊が起きない、つまり、発災後の未治療死現象のために必要なことを明らかにした。

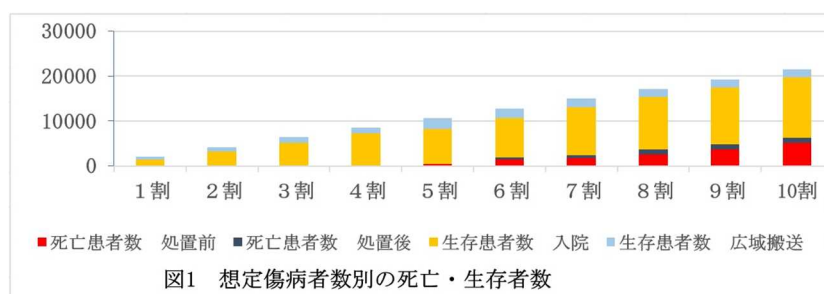
研究によると、発生傷病者数が現在の国の想定のまま 21,520 人の場合、未治療死数の予測は 6,282 人となり、傷病者のおよそ 3 割が未治療死することになる。図 1 は、発生傷病者数を想定の 9 割、8 割・・・と減らしていったときの死亡・生存者数を示している。これによると、発生傷病者数が想定 4 割まで減らすことができれば、未治療死は 30 人となり、傷病者数の 0.4% まで減少することができることが分かった。

このシミュレーションでは、傷病者が来院した時点を中心として、スタッフが割り当てられない限り、時間経過と共に、黄タグから赤タグ、赤タグから黒タグと状態が悪化していく。つまり、傷病者数が増えれば増えるほど、傷病者に対応するスタッフ数が追いつかず、傷病者の状態は悪化する。

また、このシミュレーションでは、東京都の指定する災害拠点病院（重症者の収容・治療を行う病院）よりも、災害拠点連携病院（中等症者や容態の安定した重症者の収容・治療を行う病院）の方が、未治療死が多く発生した。これは、連携病院の医療リソースは拠点病院に比べて少なく、DMAT などの医療支援は主に拠点病院へ重点的に配分されているので、連携病院の方が未治療死が増えることにつながっていると考えられる。

生存者の分析を行うと、広域医療搬送を行うことができた傷病者は、生存者数が多くなると広域搬送数も多くなるが、発生傷病者数が多くなっても広域医療搬送数は 1,700 名以上には伸びない。広域医療搬送能力の上限といえる。広域医療搬送により被災地の負荷軽減を図るのであれば、広域医療搬送能力を確保する必要がある。

未治療死を防ぐポイントとして、拠点病院や連携病院で活躍する「DMAT との連携」「広域医療搬送のための手段の確保」「医療現場でのスタッフとの連携」について、東日本大震災の教訓を生かしつつ、新たな対応策を考察していきたい。



## 6 未治療死を防ぐ方策

内閣府では、発生傷病者数を減らす防災対策として、地震に強いまちの形成（耐震化・交通・ライフライン・延焼軽減等）や減災商品開発、BCP（事業継続計画）策定、防災拠点の耐震強化など予防対策を行っている。本研究では、発災後の未治療死を減らすための取組として、「災害医療活動シミュレーション・システム」の活用により見えてきた「DMAT や医療スタッフ等との連携」や「広域医療搬送のための手段の確保」について、東日本大震災で分かった「問題点」と、その教訓を生かした首都直下地震への「対応策」を考える。

### ①DMAT との連携

#### ◆問題点

- ・ 340 隊、1,500 名の DMAT が活動したが、指揮調整機能が十分でなかった。電話回線、インターネット接続が不可能なチームがあり、調整が困難だった。
- ・ 指揮系統引き継ぎ体制が構築されず、DMAT は 1 ヶ月以上、県庁にとどまらざるを得ない状況があった。
- ・ 前線の DMAT を後方支援するシステムがなかった。
- ・ 被災地域が広範囲だったため、広域医療搬送開始まで、時間を要した。

#### ◆対応策

- ・ 衛星電話を含めた通信手段の確保が必要。

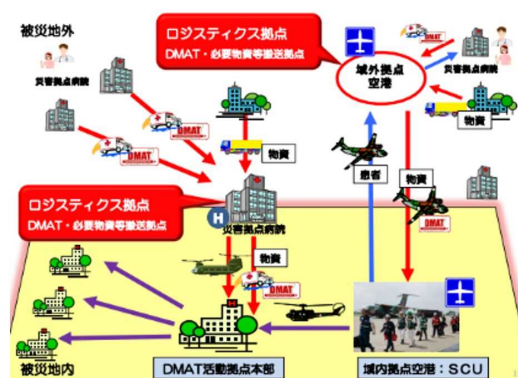


図2 ロジスティック：課題と対応策。

- ・EMIS の全都道府県・病院、自衛隊等の関係機関の導入を求め、広域災害時の通信手段を確保する必要がある。
- ・派遣調整本部や医師会、日赤、公衆衛生専門家への引き継ぎ体制が必要。
- ・1～2 週間カバーできる中央直轄ロジスティックチームを確立する必要がある。ロジステーション構想の具現化が求められる。
- ・近隣都道府県への搬送計画を策定することが必要である。

## ②自衛隊との連携

### ◆問題点

- ・最大 10 万 7000 名、艦隊 59 隻、航空機約 540 機を派遣し、19,286 名の人命救助（全体の 7 割）、遺体収容 9,505 体（全体の 6 割）、物資輸送、給水・給食・入浴支援、がれき除去など実施した。派遣人員約 10 万人は、自衛隊員の 4 割に相当し、国の防衛との両立が課題となった。（2011 年 3 月 31 日時点での自衛官・即応予備自衛官・予備自衛官の現員総数は 26 万 6,000 人）
- ・政府・被災県・防衛省・自衛隊が救援物資を調達して被災地に輸送したが、一元的に管理されず、物資が大量に被災地に送られる結果となった。

### ◆対応策

- ・今後派遣は 10 万人体制から 4 割程度に縮小する方針。
- ・救援物資の調達と輸送の一元的な管理を求めていく。
- ・自衛隊の指揮系統調整メカニズム機能、衣食住・通信の自前確保等組織の強さは他組織の参考にする。自衛隊の自主派遣基準の明確化や地方公共団体との連携が課題。

## ③救援航空機の活用

### ◆問題点

- ・当時全国 26 機のドクターヘリのうち 18 機が災害初動期に活動した。一方、災害発生 3 日間のヘリコプター搬送はわずか 17 例だった。消防防災ヘリは多目的であり、情報収集・物資輸送・航空救助・火災時の撒水等の用途もあったため出遅れた。

- ・ドクターヘリ、自衛隊ヘリ、警察ヘリ、海上保安庁ヘリ、消防防災ヘリ等の独自の指揮命令システムを、災害時には組織横断型の共同行動を行うための取組が求められる。

### ◆対応策

- ・救急医療に特化した救急医療専用のヘリコプターの運用を進め、ヘリコプターを日常の救急医療に活用するようにする。
- ・JAXA（宇宙航空研究開発機構）は、JAXA の運用する航空宇宙機器（航空機・無人機・人工衛星）を用いて、消防庁、DMAT 等の災害対応機関と連携して、大規模災害時の情報の収集・共有化・航空機の救援活動を支援する「災害救援航空機統合運用システム」の研究開発を進めている。開発した「災害救援航空機情報共有ネットワーク」（以下 D-NET）を東日本大震災で運用したとシミュレートすると、約 3 倍の救助能力が得られる。また、表 1 の通り、東日本大震災で判明した課題や未解決の問題についても解決することが可能となる。

表 1 大規模災害時の課題と対応状況

|                             | 阪神・淡路<br>大震災 | 1995～<br>2011 | 東日本<br>大震災 | D-NET |
|-----------------------------|--------------|---------------|------------|-------|
| 多機関・多数機の運用体制                | 判明           | 改善            | 解決         | 解決    |
| 運用拠点における情報共有                | 判明           | —             | 未解決        | 解決    |
| 多数機の効率的な運航管理<br>（空振り・重複出動等） | —            | —             | 判明         | 解決    |
| 複数の自治体にわたる広域連携              | —            | —             | 判明         | 解決    |
| 給油・整備体制                     | 判明           | 改善            | 改善         | 改善    |
| 航空通信の輻輳・遮蔽                  | 判明           | —             | 未解決        | 改善    |
| 天候不良による影響                   | 判明           | 改善            | 未解決        | 改善    |

## ④専門家との連携

### ◆問題点

- ・東日本大震災では、NGO 海外派遣など経験した看護師等 11,037 名派遣。薬剤師は延 8,378 名が活動した。首都直下地震を想定して、専門職のスキルが生かされるような連携を形にしていくべきである。
- ・多くの機関・ボランティアが被災地に参集する中で、情報共有や連携の指揮系統がうまくいかず、持病のある被災者への薬の提供が遅れた事例や、支援物資が適切に配分されなかった事例があった。

- ・デジタル情報が断絶された地域では、患者に適切な薬が処方されず患者の健康状態が悪化した事例があった。
- ・看護師と心理カウンセラー、精神科医との連携がうまくいかず、適切な精神的ケアが提供されなかった事例があった。

#### ◆対応策

- ・日頃からの訓練や情報共有の仕組み作りが必要となってくる。
- ・各分野の専門家が被災地で活躍するためにコーディネーターの役割をその場の誰が担うかということについても、平時から仕組み作りをしておく必要がある。その上で、下記のような専門職が役割を果たすことが求められる。

#### 【看護師】

救急看護認定看護師：コーディネーターの役割  
 皮膚排泄ケア認定看護師：褥瘡対策  
 感染管理認定看護師：環境アセスメント  
 精神看護専門看護師：精神・心理の専門家との連携

#### 【薬剤師】

調剤や服薬説明に加え、医薬品の仕分けや供給、被災者への調剤などコーディネート力は必要。

#### 【その他】

理学療法士・作業療法士等：被災地でのリハ医療の継続、避難所での生活不活発病等の予防、新たに生じた障害への対応、避難所や仮設住宅等異なった生活環境での機能低下に対する支援等

## 7 まとめと今後の課題

「災害医療シミュレーション・システム」の開発で、数値として首都直下地震で医療崩壊しない限界が分かった。過去の災害の教訓から、多機関・多職種との連携強化により災害医療現場を機能させる提案ができた。

課題は2つある。第1に、首都直下地震では多くの帰宅困難者が避難所や地域の病院に押し寄せ医療崩壊させる危険がある。第2に、トリアージについてである。災害医療では「最大多数の傷病者に最良の医療を提供」するためには、トリアージ赤タグの傷病者より黄タグの傷病者を優先する手法もある。災害時、どの場面でどのような決断をするか倫理的な問題として課題が残る。

## 8 参考文献

- 1) 布施明 「災害医療シミュレーション・システムを用いた首都直下地震の発災後死亡を効果的に減少させるために必要な施策の検討, 日臨救急医学会誌 2021;32:350-6 (図1)
- 2) 坂総合病院, 災害医療における組織マネジメント, 日総研, 2013
- 3) 東京都, 東京都防災ホームページ, 「首都直下地震における東京都の被害想定」, 令和4年5月28日公表, [https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/\\_res/](https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/) (閲覧日令和5年11月22日)
- 4) 厚生労働省, 「東日本大震災におけるDMAT活動と今後の課題」 DMAT事務局, 更新日不明 (図2) [projects/default\\_project/\\_page\\_/001/000/401/20120418gaiyou.pdf](https://www.projects/default_project/_page_/001/000/401/20120418gaiyou.pdf), (閲覧日: 令和5年11月8日)
- 5) 読売新聞「予備自衛官医師も奮闘」新聞記事 2024, 1, 29
- 6) 小林啓二, 救援航空機の統合運用システム開発と今後の展望, 日本航空宇宙学会誌, 2015, vol163, no. 11, p350-354
- 7) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構ホームページ「災害時における航空機の情報共有を実現する技術」 <https://www.aero.jaxa.jp/news/event/pdf/event151015/sympo04.pdf> (閲覧日令和6年4月18日) (表1)

# 破綻しないへき地医療をつくる

理数科 3 年

The number of doctors in Niigata Prefecture is ranks 46th in Japan and is classified as a "physician shortage prefecture". In addition, Niigata Prefecture has the lowest physician distribution index in Japan, because it has the fifth-largest area in Japan, and which includes remote islands and mountainous regions. Furthermore, the number of emergency specialists per million people is also 46th in Japan, which means Emergency Medical System is weak. On the otherd, d hanemand for medical care will increase because the aging rate in Niigata prefecture has been rising to 34%. Considering these figures, the medical system in rural area is weak and needs improvement. This study aims to identify the causes of insufficient medical system in rural area in Niigata prefecture, focusing on "aging", "doctor shortage", and "Emergency Medical System," and to find solutions.

As a result of the research, the following three points are proposed as improvement measures:

"Countermeasures for Aging": Frailty prevention, locomotive syndrome measures, and promotion of migration for younger generations.

"Countermeasures for Doctor Shortage": Increase medical school graduates, enhance rural doctor training programs, and utilize resident doctors.

"Countermeasures for Emergency Medical ": Propose the use of doctor helicopters and the digitalization of telemedicine.

This study proposes measures to prevent the collapse of rural healthcare systems, referencing successful cases in other regions.

## 1 要旨

新潟県は、医師数が全国 46 位の「医師少数県」である。また、本県は、全国 5 番目の面積をもち、離島や中山間地の多いことから、医師偏在指標は全国最下位である。さらに、人口 100 万人当たりの救急科専門医数も全国 46 位であり、救急医療体制も不十分と言える。一方で、県内の高齢化率は、現在 34% まで上昇しており、医療需要が今後一層高まることが予想される。これらの数値をふまえると、本県のへき地医療体制は不十分であり、今後の改善が必要だと考える。

本研究では、本県のへき地医療体制が不十分な原因を、「高齢化」・「医師不足」・「救急対応」の 3 点に絞り、その原因と解決の糸口を見出すことを目的とし、調査を行った。

調査の結果、次の 3 点を改善策として提案する。

- ・「高齢化対策」：フレイル予防とロコモ対策、若い世代の移住促進
- ・「医師不足対策」：医学部退院増員やへき地医師養成プログラムの充実、研修医の活用
- ・「救急医療対策」：ドクターヘリの活用と遠隔医療のデジタル化を提案

本研究は、他地域での成功事例を参考にして、へき地医療体制を破綻させないための方策を提案するものである。

## 2 研究目的

新潟県は約 12,584 ㎢と、全国 5 番目\*1 の広さがあり、離島や中山間地を有する地理的条件から、無医地区人口割合（人口 10 万人対）は 125.4 人と、全国平均 97.7 人を上回り、全国 29 位となっている。

\*2

新潟県の医師偏在指標は、新潟県は全国最下位であった。また、医師数は、全国 46 位で、\*3「医師少数県」に位置づけられる。新潟市を中心とした都市は拠点病院を中心に、医療が再構成されてきているが、へき地での医療体制は十分ではない。

その原因について、どのような解決策があるか調査し、他地区での成功例を参考に、へき地医療を破綻させないための方策を提案する。

## 3 研究方法

- ・先行研究を論文から抜粋した。
- ・メディカル講演会や、医師ナビ新潟の講演会を聴講して、新潟県の地域医療の問題点のうち、本研究で深めていく視点を絞った。
- ・参考文献やインターネットを利用して公的機関が発表している資料を集め、考察した。

#### 4 ヘき地医療体制が不十分な原因とそれに伴う懸念

へき地の医療体制が不十分である原因は複数ある。1 つ目が、高齢化がすすんでいること。2 つ目は、医師不足であること。3 つ目は、インフラの未整備により救急医療が十分に機能していないことである。これらの3点について、どのような解決策があるか調査し、他地区での成功例など基に、へき地医療を破綻させないための方策を提案していきたい。

##### (1) 高齢化の進行

2013年、4人に1人が高齢者という人口比率に突入した。今後の予想としては、2050年には、5人に2人が65歳以上の高齢者となるとされている。

令和5年9月15日で推計される県人口に占める老年人口の割合は33.6%で、前年に比べて0.3%上昇している。なお、令和4年10月1日現在の本県の老年人口割合は33.7%で、全国18位。全国の割合の29.0%より4.7%高く、8年程度早く高齢化が進んでいる。(図1)すると、「医療・介護従事者数の不足」・「医療費・介護費の増大」などの、懸念が出てくる。

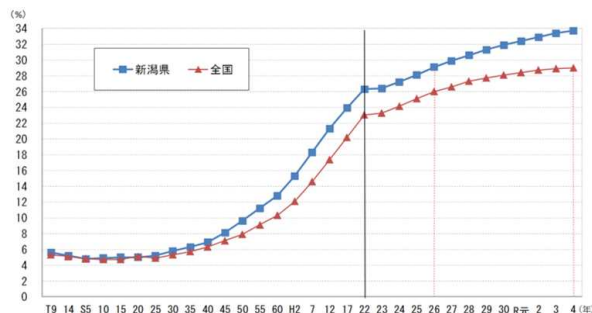


図1 国勢調査等による老年人口割合の推移（新潟県統計ボックスより）

##### (2) 医師不足

医師国家試験には、毎年、7600名～7700名程度が合格している。また、医師数も毎年増加しており、1998年の24.9万人から、2006年の27.8万人へと増加している。

一方で、新潟県は、令和2年度全国の医師偏在指標が全国最下位となっている。最新の\*4医師偏在指標においても、全国45位である。このような、医師不足によって、「地域偏在」と「診療偏在」による無医地区が増加する懸念がある。事実、「地域偏在」については、また、新潟県内においても、自治体による地域偏在は存在する。「診療科偏在」については、勤務労働条件が過酷と言われる「小児科、産科、麻酔科」などの医師が全国的に不足と言われていて、新潟県でも、糸魚川市民病院から産科の医師がいなくなり、妊婦が地元で出産できない状況が発生した。その後、県外から勤務医を募り解消されたが、いつどの地域に起きても不思議ではないほど、産科医は減少している。このように無医地区が発生し、へき地の医療が破綻することは避けたい。

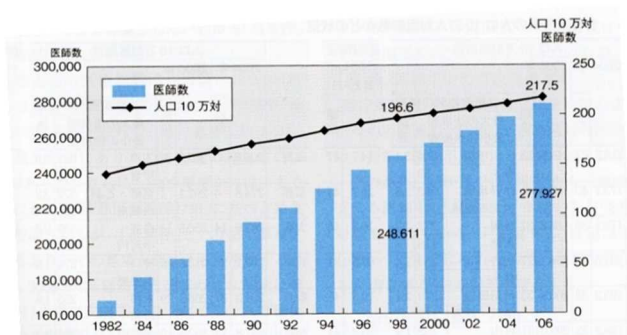


図2 全国の医師数、人口10万人対医師数

##### (3) ライフラインの不十分による救急対応の不十分さ

へき地の救急医療の最大の問題点は、病院や医療施設へのアクセスが制約されていることである。遠隔地域では交通手段が不足していることがあり、特に新潟県は南北に長く、緊急の医療ケアを受けるまでに時間がかかることがある。

平成29(2017)年7月1日時点の県内の救急科専門医数は、人口10万人当たり1.79人となっており、全国平均の3.38人を大きく下回っており、救急医療体制の維持が困難な状況が生じている。\*5

地理的な問題の他にも、県立病院の常勤医師数は、基幹病院では増加傾向、中小病院では減少傾向にある。中小病院では少ない医師で、夜間の救急を担うしかない。さらに、2024年4月から始まった「医師の働き方改革」では、勤務と

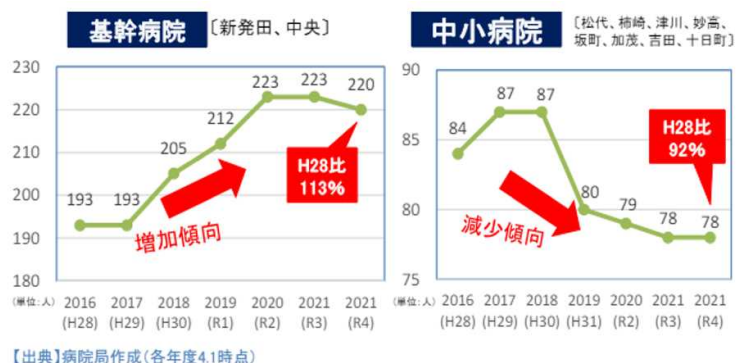


図3 新潟県の常勤医師数の動向

勤務の間に9時間以上の休息を確保することが義務づけられた。すると、夜間救急対応した医師は翌日休まなくてはいけなくなる。これでは、日中の診療がストップし、医療が成り立たなくなる。県内では、二次救急から撤退する中小病院が増えてきている。これらの現状から、二次救急・三次救急へのアクセスの悪さによる死亡リスクの増大や、通信インフラ不足による遠隔診療も制約され救急に対応できない状況が懸念される。

## 5 解決への糸口

上述したへき地医療体制が不十分な原因の①～③及びそれに付随する懸念を解決するための対策について、他地域の成功例を参考に提案する。

### (1) 高齢化対策

新潟県は後期高齢者医療制度の1人当たりの実績医療費は、全国最下位、つまり、最も医療費がかからない都道府県である。\*6 また、年齢調整後実績医療費においても46位と全国的にみても医療費が抑えられていると捉えることができる。このように医療費がかからない現状の継続が理想とし、高齢化への対策として、「高齢者の健康寿命を延ばす」ことを中心に提案する。

#### ①フレイル対策（群馬県草津町を例に）

20年後の日本では人口高齢化にもかかわらず認知症患者の総数は減るという世界初の予測が東京大学、スタンフォード大学などの共同研究により発表された。戦後世代の高齢者の健康状態や学歴が全般的に向上していることや、年齢・性・学歴により疾病罹患状況の個人差が広がっていることを考慮すると、2016年では認知症患者数は510万人のところ、2043年には465万人に減ると推計された。

大卒以下の層や75歳以上女性では認知症が増加し社会格差が広がるので、格差の影響を受ける層ではフレイルを合併する割合が高く濃密な介護ケアが必要になるため、介護費総額は増加することが示唆された。

【用語解説】・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

フレイル（虚弱）

高齢者に見られる心身が疲れやすく弱った状態のこと。体重減少、倦怠感、活動量の低下、握力の低下、歩行速度の低下などによって診断される。要介護状態への進行、健康状態の悪化、生命予後の悪化などのリスクであることが知られている。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

「フレイル」を健常と要介護の中間の段階と位置づけると、フレイルで無い状態の健康余命がより長くありつづければ、介護費の増大は防ぐことができると考えられる。そこで、フレイル予防のためにできることを提案したい。\*7

群馬県草津町では、フレイル対策として、高齢者の健康作りの重点を、疾病予防・管理から、フレイル予防に移すことにした。一次予防として、住民の自主的な健康作りを支援した。二次予防として、従来の健診に高齢者総合機能評価を取り入れ、保険相談を実施した。三次予防として、従来の介護予防教室を栄養、体力、社会的機能の改善を目的とした複合プログラムに変更した。最初の十年間の保健活動の結果、地域高齢者の機能的健康度は上昇し、介護保険財政も安定化し、1号被保険者基準額は全国最低を記録している。

このように、フレイル対策は、地域医療で働く専職と連携して、各地域の強みを生かした予防システムをつくるのが大切であると考えられる。

#### ②ロコモ対策の実施（ロコトレで健康寿命の挽回）

日本整形外科学会が2007年に「ロコモティブシンドローム」という言葉を提唱した。歩行機能の障害など、運動器の機能不全状態を意味している。例えば骨粗鬆症、変形性腰椎症、変形性膝関節症などで

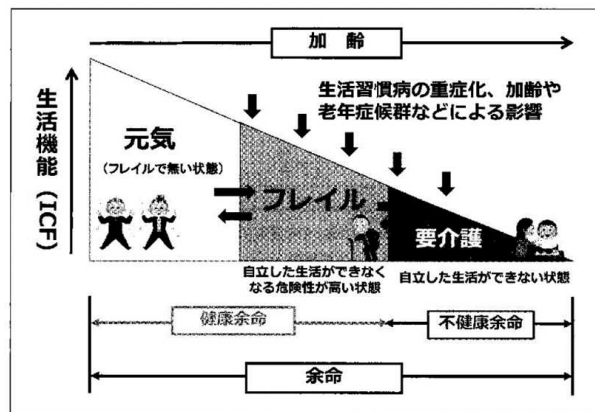


図4 フレイルと健康寿命

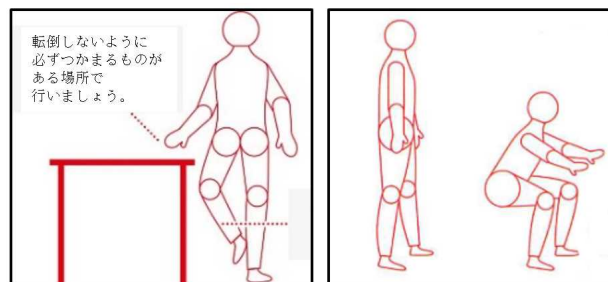


図5 ロコトレ 片脚立ち（左）とスクワット（右）

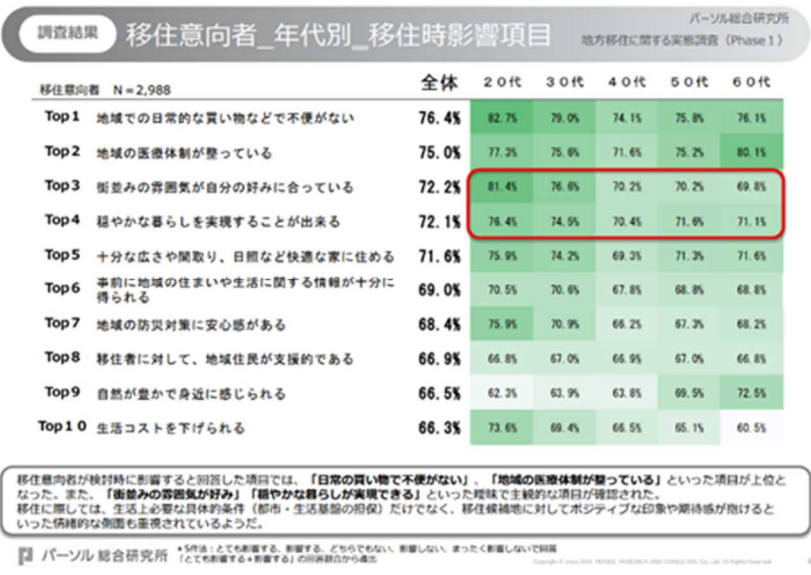
ある。気持ちは元気なのに、足腰が弱り、病院に行けなくなってしまう。寝たきりになると医療費より介護費のほうが高額となり、要介護状態であっても、面倒をみてくれる人がいない「老老介護」状態も多くある。

薬で治る病気もあるが、運動だけは自分で行き、筋肉は運動して強化する必要がある。そこで、ロコモ対策として、いつまでも元気な足腰でいるために、日本整形外科学会では、「ロコトレ（ロコモーショントレーニング）」を続けることを提唱している。ロコトレは2つの運動、「片脚立ち」と「スクワット」である。運動に対する意識が低い高齢者にも気軽に参加して貰えるような、高齢者向けのフィットネス教室や、転倒防止教室、高齢者向けの講座などで広く啓発していくことも重要になっている。また、高齢者になればなるほど、足腰の状態は人によってさまざまなので、個々にあったロコトレを提供出来るよう、へき地・都心部にかかわらず各地域の保健所と連携していく必要性を感じた。\*8

③若い世代の移住促進

へき地は、高齢化が進んでいるが、そこに若い世代を呼び込むことで、地域が活性化し、老老介護でない互いに支え合うコミュニティができると考え、移住者を募り、若い世代を呼び込むことが、へき地医療の破綻を防ぐ一助となると考え提案する。

パーソル総合研究所の「地方移住に関するアンケート調査」\*9によると、移住意向者が、移住時に影響すると回答した項目の第2位は、「地域の医療体制が整っている」で、全体の75.0%だった。回答した60代では、80.1%とつまり、へき地の医療体制を整えることで、若い世代を呼び込むことが可能となる。へき地医療は、へき地の過疎も救うことができる可能性がある。\*9



(2) 医師不足対策

①地方大学医学部定員を増員

医師不足の状況を受け、国は2005年8月に「医師確保総合対策」、2006年8月に「新医師確保総合対策」がとりまとめられている。2007年5月には「緊急医師確保対策」が取りまとめられ、「医師不足地域や診療科で勤務する医師の養成の推進」が盛り込まれ、都道府県が奨学金制度を設けることを条件に、都道府県ごとに医師養成数の増加が認められた。平成20年度以降、医学部の入学定員を過去最大規模まで増員され、医学部定員に占める地域枠定員数、割合も増加してきている。新潟大学は令和6年入試で全国最大の140名の入学定員を示している。

②研修医を集める

岐阜県飛騨市神岡町は、人口約7500人、高齢化率は46%の町である。世界最先端の宇宙科学研究室カミオカンデ、スーパーカミオカンデがある宇宙科学最先端の町は、高齢化社会最先端の町でもある。この町では、医師不足対策として、医学生や研修医の受け入れを積極的に行い、医師不足の状況を改善しているので、事例を紹介する。\*10

飛騨市民病院は、山間へき地小規模病院だが、急性期から保健、在宅医療まで地域に無くてはならない病院である。しかし、2005年には12名いた常勤医は、2013年にはわずか3名となっていた。この窮地を救ったのが、「神通川プロジェクト」である。このプロジェクトによって神岡町に研修医を多く呼び込むことで、2022年には、研修医を含めた医師が約10名となった。このようにへき地にありながら、医師不足を解消できた例は、新潟県にも応用できると考える。\*10

### 「神通川プロジェクト」の概要

医学生、研修医、指導医などの人材は富山から、そして、資金は岐阜県の地域医療確保事業費補助金からと、県を超えたコラボレーションによる教育研修事業を行った。

富山県以外の医療機関とも連携拡大をすすめ、多くの研修医に来て貰うように魅力ある地域医療研修作りめざした。また、研修のアピールポイントは次の通りだった。

- ・入院の主治医を担当し、研修医の主体性を尊重
- ・一般外来を経験
- ・丁寧な指導体制
- ・整った学習環境と宿舎の整備
- ・地域医療ならではの多職種連携を経験
- ・地元の温かい人情と住民の歓迎
- ・飛騨の豊かな自然。美味しい物、地域を楽しんでもらう
- ・患者さんのライフストーリーレポートを通して人生に寄り添う医療を経験すること。

◎研修医アンケートでは、研修全体の満足度が高く、特に良かった点は「主治医になったこと」が最多となった。

### ③へき地医師養成プログラムをつくる

医師偏在是正のため、医師数を増やすだけでは、医師の地域偏在は解消しない可能性が高い。へき地医師養成のための特別なプログラムをつくり、その定員を増やす必要がある。自治医科大学が他大学に先駆けて地域医療を主軸としているが、2009 年から新修学資金貸与制度が開始され、全国の大学の医学部で地域枠と呼ばれる、卒業後おおむね9年間程度をへき地を含む県内の公的医療機関に勤務することが義務づけられている。これによって、ある程度の医師偏在は是正する可能性がある。

勤務医の満足度調査の結果によると、「満足である」とする割合は、64.0%で、「不満である」とする 16.2%を大きく上回っている。これを政令指定都市・東京 23 区の別、過疎地域の別、急性期・救急指定病院の別でみると、大きな差はみられないことが分かった。\*11

都道府県は、「医師不足地域における医師の確保」と「医師不足地域に派遣される医師の能力開発・向上の機会の確保」の両立を目的とするキャリア形成プログラムを策定している。

統計で見る限り、へき地で働く医師と都市部の医師との満足度に差がない。

へき地で働く医師の特徴として、「へき地出身者」「総合医」「へき地医師養成プログラム出身者」という特徴がある。\*12 自治医科大学の各地の大学でも、地域医療の担い手を育成するための制度として「地域枠」での入試が行われている。地域枠を設定している大学は、79 大学中 71 大学（90%）に上る。このようなプログラムが設けられたおかげで、へき地で働く医師の人材確保にもつながっている。

### (3) 救急医療対策

#### ①ドクターヘリ等航空機輸送

HEM-Net(認定 NP0 法人救急ヘリ病院ネットワーク)では、ドクターヘリの役割として「フライトドクターとフライトナースを現場に送り込む」「医療の地域格差をなくす」「大規模災害時に活動する」という3つを示している。地方では医療機関の集約が進み、その結果、身近なところに医療機関がなくなりつつある。そうした医療過疎の住民にとって、たとえ「緊急性」が乏しくても遠く離れた医療機関に行くための手段が必要となる。ドクターヘリが有する迅速性と機動性によってもたらされる効果は、死亡率の減少や後遺症の軽減だけでなく、社会的コストの削減や医療費の削減にも及んでいる。富山県で行った研究では、救急車とドクターヘリでの搬送を比較すると、ドクターヘリの方が、平均入院期間が 18 日短く、平均入院費用が 110 万円安くなることが明らかになった。このような入院日数の削減や、医療費、薬剤費、介護費などの削減につながるドクターヘリによる医療経済効果は、年間 10 億 7000 万円になった。\*13

一方でドクターヘリは、24 時間運航ではないので、ドクターヘリの運航できない夜間などの時間帯や悪天候等の代替手段として、「ドクターカー」の確保も必要となる。

ドクターヘリやドクターカーは、へき地医療に必須のインフラであるといつてよい。

#### ②遠隔医療のデジタルトランスフォーメーション

2022 年、6 月 7 日、内閣官房は、「デジタル田園都市国家構想基本方針」を示し、誰もがデジタル

の恩恵を享受できる「取り残されない」デジタル社会の実現を目指すことを閣議決定した。

地域医療研究所では、2019年に、全国の調査対象とした258施設のうち、151施設から、回答を得て、デジタル化、ICT化に関する質問を行った。電子カルテは全体の64%にあたる97施設で導入済み、インターネット利用可能施設は74%であった。

山口県の岩国市立柱島の離島では、国立病院機構岩国医療センターの医師により、月2回の対面診療と、月1回のオンライン診療が継続的に実施されている。

福岡市の医療機関では、在宅患者に対する医療提供体制の強化の一環として、訪問計画の一部にオンライン診療を組み込むことと、医師の訪問負担を軽減しつつ、在宅患者への診療頻度を高める取組をしている。

福岡県の坂井地区では、病院がもつ患者情報をシステムにより、診療所や訪問看護ステーション、介護施設と共有できる体制を整備している。「カナミックネットワーク」を用いて、在宅医療関係者間、診療情報や日々の生活情報等を共有している。<sup>\*14</sup>

このように、ICTの活用により、過疎地域の課題に対応している。

## 6 結論

破綻しないへき地医療をつくるために、新潟県の現状を分析し、「高齢化」「医師不足」「救急医療体制の不十分さ」について、次の3点を提案する。

- ① 高齢化対策として、フレイル予防に重点を置く。また、ロコモティブシンドロームにならないように、「ロコトレ」を取り入れ、健康寿命を延ばすことで、介護費の削減、医療への依存軽減を図る。また、若い世代をへき地へ呼び込むことで、地域として支え合えるコミュニティを作っていくことが重要である。
- ② 医師不足の解消として、医学部の定員を増やし、へき地で働くための養成システムを作ることが求められる。また、へき地の医師数を確保するために、研修医を呼び込み医師不足解消を試みることに有効である。
- ③ 救急医療体制を整えるために、へき地患者の輸送手段の確保と、遠隔医療の促進が肝要である。ドクターヘリやドクターカーで迅速に搬送することで、死亡率の減少や後遺症の軽減だけでなく、社会的コストの削減や医療費の削減につながる。また、遠隔医療を進め、地理的に不便かつ医師不足であるへき地でも、オンライン診療などで安心して医療を受けることにつながるということが分かった。

## 7 考察

本研究における提案は、へき地医療で同様の課題を抱える他地域での成功例を基に、新潟県において実行可能であろう事例を選んだ。実際に実行するに当たっては、多くの人や職種との連携が不可欠である。それらの多職種との連携を中心となって進めていく人やチームの在り方など、更なる検討が必要である。

## 8 参考文献

- \*1 全国5番目の広さ 国土地理院令和6年1月1日現在のデータ
- \*2 第7次新潟県地域保健医療計画  
<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/81632.pdf> (最終アクセス 2024.6.22)
- \*3 <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/346748.pdf> (最終アクセス 2024.6.22)
- \*4 令和6年1月10日更新「医師偏在指標」  
<https://www.mhlw.go.jp/content/001188442.pdf> (最終アクセス 2024.6.22)
- \*5 新潟県病院事業を取り巻く環境について 令和5年1月19日病院局経営企画課
- \*6 厚生労働省の、「医療費の地域差分析」(令和3年度調査
- \*7 月刊地域医療5月 p502
- \*8 池田哲雄『コーチングクリック10月号』2010年8月27日 ベースボールマガジン社
- \*9 パーソル総合研究所 地方移住に関する実態調査
- \*10 地域医療振興協会、『月刊地域医学第37巻第6号』,メディカルサイエンス社,2023年6月10日
- \*11 独立行政法人労働政策研究・研修機構,勤務医の就労実態と意識に関する調査,2012年
- \*12 自治医科大学『地域医療テキスト』医学書院 2019年10月1日
- \*13 佐藤枢 『救急医学』へるす出版 2022年8月10日
- \*14 地域医療振興協会、『月刊地域医学第36巻12号』メディカルサイエンス社 2022年12月10日

# 授業中の眠気の原因とその対策

理数科 3 年

Sleeping during class negatively impacts both the individual and their peers. According to a survey, 70% of Takata High School students have slept during class. To address this issue and promote independent learning among students, I aimed to find a solution.

## 1 要旨

授業中の睡眠は自他に悪影響を与える行為であるがアンケートの結果、高田高校生の7割が授業中に寝たことがあると答えた。この問題を解決し主体的に学習に取り組める場を増やしたいと考えた。

## 2 研究目的

多くの学生が主体的な学習を妨げる授業中の睡眠を行っているという状況を改善する金銭的、時間的に実現可能な方法を考察する。

## 3 研究方法

一般的な日中の眠気発生原因のうち特に授業内における眠気発生原因として考えられるいくつか原因を選定する。後にその情報をもとに適切な対策方法を論文や書籍より考察する。

## 4 結果

以下の3つの観点を授業中の主な眠気発生原因としそれぞれの観点より対策を考えた。

### (i) 深部体温

一般に深部体温が低下すると眠気を催す。また体表面温が上昇すると毛細血管が広がり体深部の熱を放出するため深部体温が低下する。(図1)

以上より深部体温と眠気の関係の観点から考えられる対策として教室内の温度を下げる、服を脱ぐことなどによる体表面温度上昇の防止が考えられた。

### (ii) ポストランチディップ

昼食後に眠気に襲われる現象およびその時間帯をポストランチディップという。睡眠負債による睡眠圧や体内リズムによるものである。この眠気発生原因に対する対策としてパワーナップを提案する。パワーナップとは日中時間帯に短い昼寝をとることであり10分から20分程度の昼寝が眠気解消、注意力増加に有効であることが先行研究より明らかになっている。(図2,3)

### (iii) アデノシンの産出

学生135人を対象に「体育の後に眠気を感じるか」「退屈な授業で眠気を感じるか」と言う2つの質問を行った。この質問の意図は一般に授業中に眠くなる要因として考えられている眠気発生要因が実際にはどれほど授業中の眠気の発生に関係するのかを明確にするためであった。結果は下図のように前者の質問については否定する人が過半数であったのに対し後者の質問では9割弱の人が肯定していた。この結果より退屈な授業は授業中の眠気発生原因の一つであるとした。科学的にこの原因を調べる中でアデノシンの産出が具体的な発生原因であると予想した。

アデノシンはATPを消費する中で産出する物質でありこれが抑制ニューロン表面のアデノシン受容体に結合することでヒスタミンという覚醒物質の放出が抑制され眠気が発生する。対策としてドーパミンを発生させるということが考えられた。ドーパミンが抑制ニューロン表面のドーパミン受容体に結合するとアデノシン受容体の働きを阻害するためドーパミンを増やすことで間接的に眠気の発生を抑えることができる。ドーパミンは人間が精神的に刺激を得たり感動した際に放出されると考えられている。そのため具体的な対策として、生徒側では授業で新しいことを学ぶといった刺激が得られるように予習をしない、教員側では生徒が刺激を得られるような授業を行う、というものが考えられた。

## 5 考察

授業中の眠気の原因は多岐に渡り絶対的な対策はないことが分かった。しかし本研究で着目し

た 3 つの眠気の発生の原因は授業中における眠気発生に大きく関わると思われるため、以上の対策を行うことで効果を得られると考えられる。

## 6 結論

深部体温、ポストラランチディップ、アデノシンとドーパミンの関係、これらの眠気発生の観点は、特に授業中の眠気と大きく関わりがありそれぞれに対応する対策を行うことで眠気発生が抑えられると考えた。またアデノシンと眠気の関係についてはアンケート結果より授業中の眠気における重要なものであると考えた。本研究では時間的、技術的に叶わなかったが、授業の理解度とドーパミン産出量、授業形態とドーパミン産出量の関係を調べることを通じて「退屈な授業」すなわちドーパミンが放出されにくい授業の定義を明らかにしたいと考えた。

## 7 参考文献

授業中に眠気が生じるのはなぜか 高田高校 合志 香音

[http://www.takada-h.nein.ed.jp/pdf/ssh\\_R3\\_kadaikenkyu\\_ronbunsyuu.pdf](http://www.takada-h.nein.ed.jp/pdf/ssh_R3_kadaikenkyu_ronbunsyuu.pdf)

Modern Physician 2005: 25-1 睡眠障害 千葉茂 55-59 より

Lavie P et al. 1985 . Dijk & Edgar, 1999

つまらないと眠くなるのはなぜ？モチベーションと眠気の脳科学 2021. 11. 24 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構大石 陽 <https://cbs.biol.tsukuba.ac.jp/update/1087>

図 1

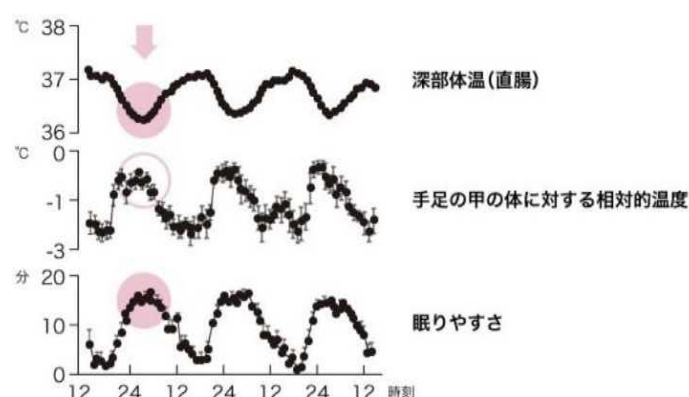


図 2

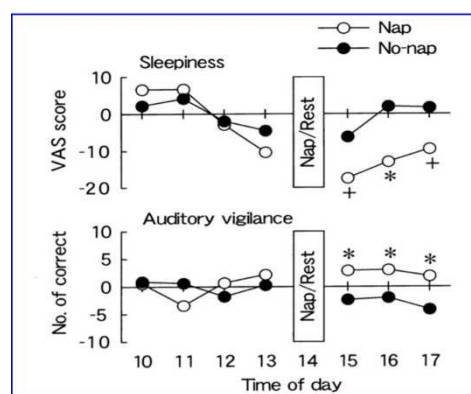


図 3

| 表1 仮眠時間とその効果 (青字は著者らの研究結果) |    |                                                               |
|----------------------------|----|---------------------------------------------------------------|
| 仮眠時間                       | 効果 | 研究例                                                           |
| 5分                         | ×  | Hayashi (2005)                                                |
| 10分                        | ○  | Horne (1996), Takahashi (2000), Hayashi (2005), Brooks (2006) |
| 15分                        | ○  | Hayashi (2003, 2004), Kaida (2003), 阿部 (2006)                 |
| 20分                        | ○  | Gillberg (1996), Hayashi (1999a)                              |
|                            | △  | Hayashi (1999b), Brooks (2006)                                |
| 30分                        | ×  | Tietzel (2001), Brooks (2006)                                 |

林 光緒「授業中の居眠り」 <https://psych.or.jp>

# 上越地域の地域医療について

理数科 3 年

Japan is experiencing a rapidly aging population and a declining birth rate, which are presenting various challenges for community medicine, including a decrease in the number of doctors and related issues. As demographic changes continue to unfold, securing human resources for medical and nursing care is becoming increasingly important. To address these challenges and prepare for future medical care needs, a system tailored to the specific characteristics of each region has been established. In this context, I will focus on the "Community Medical Plan." Specifically, I will examine the community medical plan for the Joetsu region and offer my own insights on it.

## 1 要旨

現在、日本では急速に少子高齢化が進み、地域医療でも医師不足による病院の機能低下をはじめとする様々な問題に悩まされている。今後、さらなる人口構成の変化が予想されており、医療や介護を支える人材の確保がより一層重要視されている。各地域の様々な特性に合わせて将来の医療提供体制を整えるために設定されたのが、今回、私が取り上げる「地域医療構想」である。今回は上越地域の地域医療構想について、自分なりに考察した。

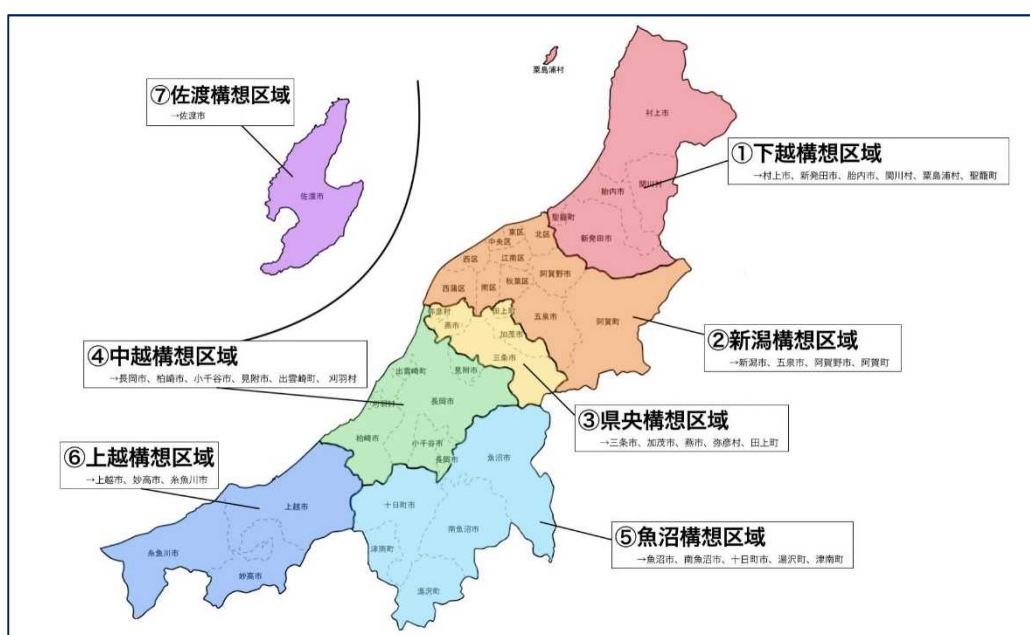
## 2 研究目的

新潟労災病院の閉院のニュースを見て地域医療について興味を持ち、上越地域の地域医療構想について考察しようと考えた。

## 3 地域医療構想とは

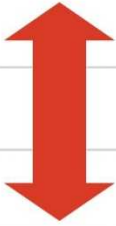
そもそも、今回取り扱う『地域医療構想』というのは、人口構造や地域の医療ニーズの質・量の変化を見据え、医療機関の機能分化・連携を進め、適切な医療を効率的に提供できる体制の確保を目的とするものである。これを都道府県内ごとに具体的な内容を定めるだけでなく、そこからさらに細分化した「構想区域」でも定め、地域に合った医療提供を目指す。

新潟県でも構想区域が設定されており、  
「下越構想区域」  
「新潟構想区域」  
「県央構想区域」  
「中越構想区域」  
「魚沼構想区域」  
「上越構想区域」  
「佐渡構想区域」  
の計 7 つの構想区域が設定されている（図 1）。



【図 1】新潟県の構想区域

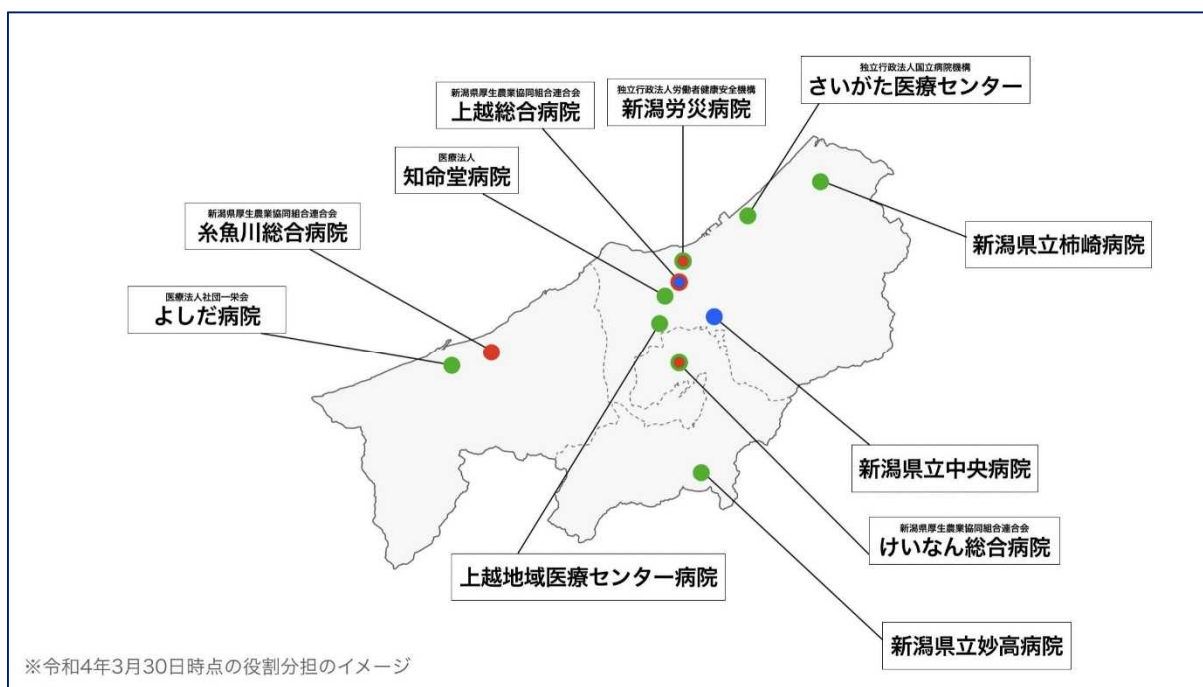
新潟県のホームページによると、新潟県全体では、人口は減少する一方で高齢化率は全国平均より高くなっており、医師数は全国平均より低いという現状がある。また、公共交通が充実しているが、医療機関へのアクセスなど交通の利便性に地域差があるという課題もある。このような状況の中、県としては、構想区域別に病院ごとの役割分担（図2）を決め、医師などの配置を見直す「医療再編」を進め、地域完結型の医療提供を目指すという方針を示した。これを踏まえて、上越構想区域の地域医療構想を見ていく。

|                                             | 高度な医療を支える<br>柱となる病院                                                               | 地域包括ケアシステムを支える病院                                                                    |                                                                                      |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             |                                                                                   | 救急拠点型病院                                                                             | 地域密着型病院                                                                              |
| 高度・専門的な治療、手術機能                              |  |                                                                                     |                                                                                      |
| 重症患者の救急受け入れ機能                               |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                      |
| 休日・夜間の救急受け入れ機能                              |                                                                                   |  |                                                                                      |
| サブアキュート機能<br>（軽・中等症患者の救急受け入れ機能）             |                                                                                   |                                                                                     |  |
| 在宅医療の後方支援機能<br>（かかりつけ患者の救急受け入れ機能等）          |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                      |
| ポストアキュート機能<br>（長期急性期患者、回復期患者の<br>受け入れ、治療機能） |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                      |

【図2】病院の役割分担

上越構想区域は上越市、妙高市、糸魚川市の3市から形成される構想区域で、面積は新潟県の構想区域の中で4番目に広い区域となっている。課題としては、新潟県全体の方でも見られたように、面積が広いため、医療機関へのアクセス手段や所要時間等の問題がある。さらにこの研究の発端ともなった、「新潟労災病院」の閉院に関する機能や医師、看護師を始めとするスタッフの異動、通っている患者の移管先なども課題となっている。しかし、労災の機能移管などについては少しずつ行われてきている。例えば、人工透析の機能を「上越総合病院」へ移管するために、上越総合に人工透析専用の設備の増設を行ったり、労災の医師や看護師などスタッフを上越地域内の病院に異動するといったことも行われている。しかしその反面、労災病院に通っている市民などによって、有志団体が発足し、閉院への反対運動も起きてしまっている。

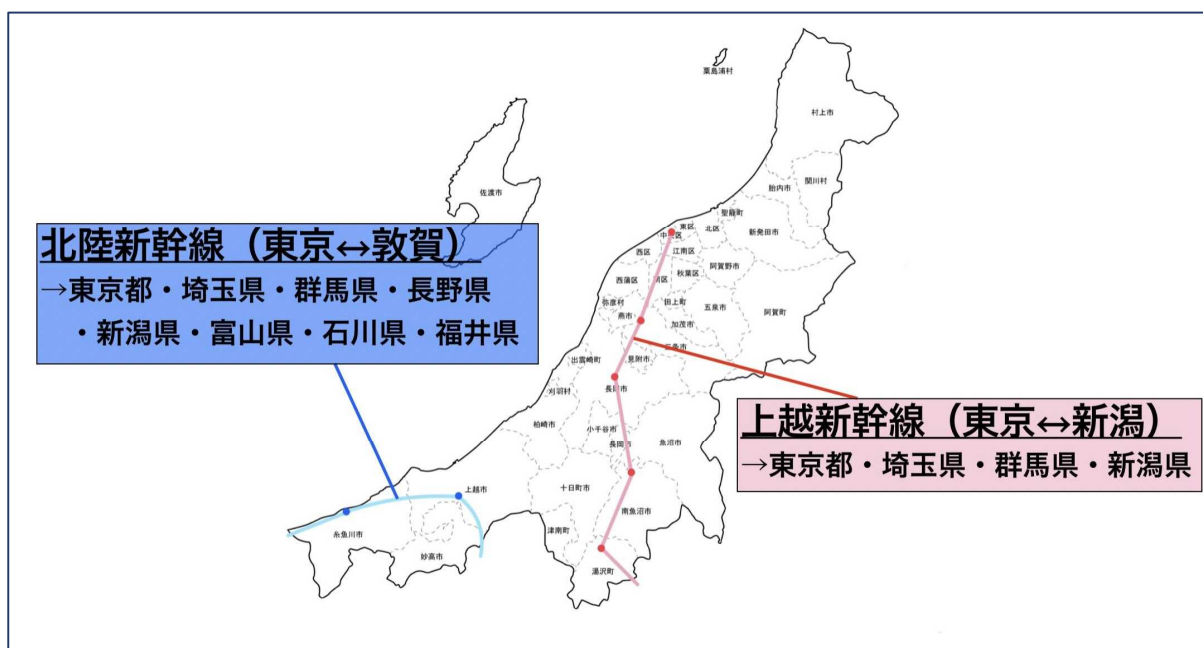
以上のことをまとめると、上越地域では「2つの再編」をする必要があるということになる。1つ目は新潟県地域医療構想に基づく再編、2つ目は新潟労災病院の機能移管のための再編である。上越地域ではこの2つの再編を同時に行い、1つ目の再編では精神科単科病院を除き、民間病院を含めた構想区域内全ての病院で役割分担を行う方針で、2つ目の再編では令和7年度中に上越地域内の6つの病院（県立中央病院、上越総合病院、上越地域医療センター病院、知命堂病院、さいがた医療センター、県立柏崎病院）に機能などを移管する方針である。



【図3】上越構想区域とその役割分担  
(役割分担の色分けは図2を参照)

#### 4 上越地域は今後どうすべきか

ここまで上越地域の現状について見てきたが、ここからは上越地域の今後について考える。今回、私は新潟県全体でも見られた〈人口は減少する一方で高齢化率は全国平均より高くなっており、医師数は全国平均より低いという現状〉に注目し、上越地域の医師数を増やすことのできる1つの案として、私は《新幹線を活用すれば上越地域の医師数を増やすことができるのではないか》という仮説を立てた。



【図4】新潟県の新幹線網

上記の図4は新潟県を走る新幹線の簡易的な路線図である。新潟県には東京から中越を通り新潟ま

で行く「上越新幹線」と、東京から上越を経由し敦賀まで行く「北陸新幹線」の2本の新幹線路線がある。この仮説を立てるにあたって、私が考える新潟県内での上越地域の強みは〈通過するように新幹線が通っている〉という点である。上越新幹線は東京、埼玉、群馬、新潟の1都3県を通るが、新幹線を使って県外から人を呼び込むとなると、1都2県からしか人を呼び込むことができない。それに対し北陸新幹線は東京、埼玉、群馬、長野、新潟、富山、石川、福井の1都7県も通っており、単純に都県数で考えれば、北陸新幹線は上越新幹線より約2.3倍も人を呼び込める範囲が広い。また、北陸新幹線は令和6年3月に金沢から敦賀まで延伸したことにより、注目度も高い。それに加えて将来的に敦賀から新大阪まで延伸する計画もあり、それが実現すれば、北陸新幹線は日本の2大都市を結ぶことになり、さらに人を呼び込める範囲が広がる。そのような点で私はこのような仮説を立てた。

ところで、今現在北陸新幹線を使って県外から上越地域に働きに来ている医師はいるのであろうか。そう疑問に思った人もいるであろう。この研究を行うにあたり、上越地域内の病院で実際にそのような医師がいるのか調査を行った。その結果が下記の図5である。

|                                         | パーセント  |
|-----------------------------------------|--------|
| 上越地域内在住の医師                              | 50.00% |
| 新潟県以西（富山・石川・福井・敦賀方面）から通勤で北陸新幹線を利用している医師 | 42.86% |
| 新潟県以南（長野・群馬・埼玉・東京方面）から通勤で北陸新幹線を利用している医師 | 7.14%  |

【図5】ある病院の常勤医の在住地

残念ながら今回は1つの病院の常勤医の調査しかできなかったが、対応をしてくださった医師の話によると、非常勤医の中にはさらに北陸新幹線を利用している医師もいたり、他の病院でもこのようなことがあるとのことなので、その点については今後詳しく調べるとして、調査に協力してもらった病院では常勤医の半分が上越地域内に在住している医師で、残りの半分の常勤医が通勤で北陸新幹線を利用している医師であるといった結果になった。さらにこの病院では北陸新幹線を利用している医師のうち、大半は新潟県以西の富山・石川・福井・敦賀方面からやってきているということもわかった。他の病院でもこのような傾向が見られるのかはわからないが、少なくとも県外から北陸新幹線を利用して通勤をしている医師は一定数いることがわかった。

## 5 考察

新潟県全体の地域医療構想では、各構想区域内で病院ごとに役割分担を行い、地域完結型の医療提供を目指す方針であり、上越地域ではそれに加えて労災病院の閉院に伴う機能等の移管も同時に行わなければならない、かなり負担が大きい。また、根本的な問題でもある医師不足への対策や、再編に伴う住民への理解も深めなければいけない。そのような中で上越地域ではこの地域にしかない特性を生かして地域医療構想を実現できるように自分も意識しようと思う。また、今回は上越地域のみに絞り込んで研究を行ったが、将来、新潟県の地域医療を担うにあたり、さらに新潟県の現状や、今後の

方針を知っておく必要があると思った。今後も 新潟県の医療情報は積極的に情報を取り入れようと思う。

## 6 参考文献

- 1) 厚生労働省医政局．“地域医療構想 ”．厚生労働省．2023-03-31．  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000080850.html>，(参照 2024-04-16)
- 2) 福祉保健部 地域医療政策課．“新潟県地域医療構想【概要版】 ”．新潟県．2022-07-22．  
<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/31302.pdf>，(参照 2024-04-16)
- 3) 福祉保健部 地域医療政策課．“新潟県地域医療構想 第6章 区域別構想（上越構想区域）”．新潟県．2022-07-22．  
<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/31315.pdf>，(参照 2024-04-16)
- 4) 福祉保健部 地域医療政策課．  
“第2回地域医療構想及び医師確保計画に関するワーキンググループ ”．新潟県．2021-12-03．  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/000861981.pdf>，(参照 2024-04-16)

# 日本で安楽死を行うとすると

理数科 3 年

Nowadays, I feel that I often hear the word “euthanasia”. I also see people who have knowledge of that discussing it on TV and YouTube. On the other hand, many a foreign country has had a euthanasia law system yet, and it is being accepted. Actually, when I was a junior high school third grade, I started to get interested in euthanasia. However, even though a lot of discussion was made, Japan does not take any actions. Therefore, stopping discussing euthanasia, I have made a decision to think that if Japan made euthanasia legal, what would happen and what system should be done.

## 1 要旨

ここ最近になって、「安楽死」という言葉を耳にすることが多くなったと感じる。テレビやYouTubeなどのメディアでも度々取り上げられ、その是非が議論されている。一方で、外国の多数の国ではすでに安楽死が合法化され、認められつつあるのも事実である。私が安楽死について興味を持ち、関心を抱いたのは中学3年の公民の授業からであるが、その当時から現在まで議論はされるものの、日本の安楽死に対する動きは全くなく、少しも進歩していないように思われる。そこで今回は、二進も三進も行かない安楽死是非についての議論は一度やめ、少し飛躍させて、日本で実際に安楽死を行うと仮定して話を進める。そこではどのような問題が生じ、どのような対策が必要になってくるのだろうか。

## 2 安楽死について

- ・現在、スイスやアメリカ、スペインなど10カ国以上で行われている。
- ・主な条件(オランダのものを引用)
  - ①患者の決断が完全に自発的なものであること
  - ②生きることが「改善の見込めない耐え難い苦痛」となった、また今後そうなると予想されること
  - ③安楽死以外に「合理的な代替案」が無いことを医師に認めてもらうこと

## 3 日本の忖度文化による問題点とその対策

日本には「忖度文化」というものがある。他人の気持ちや考えを過度に推し量りすぎてしまうという特徴が日本人には存在するのだ。これが安楽死とどう関わってくるのか。例えば、家族の中で誰か1人が回復の見込めない重い疾病を患ってしまった時。患者の出来ることは延命治療のみで迫る近い死を待つ。そんな状況を考えてみて欲しい。この時、患者自身は延命治療をして、できる限り自分の生を全うしたいと考えているとしよう。しかし、それと同時に日本人特有の忖度がここにきて発揮さ

れてしまう。「家族の負担を考えたら自分は治療をしない方が良いのでは無いか。」そんな気持ちがふと出てきてしまうのだ。つまり、「生きたい」という意志を殺して周りの人のために「死」を選んでしまう。しかも、ここにもし安楽死という選択があったら、この動きがますます促されるのは自明である。

そこでその対策として「嚴重な患者の意思確認プロセス」というものを考えた。

#### ①臨床 4 心理士によるカウンセリング

安楽死希望者の 1 番初めの意思確認

#### ②安楽死施行日までの定期的な意思確認

患者の起伏する感情に対応するため定期的にその意志を確認

#### ③安楽死実行直前の意思確認

付き添いの医師が患者の様子を把握、患者の意思が直前になっても変わらないものか判断

この 3 つのプロセスを設定し、患者の感情の機微にしっかり対応していく。

## 4 安楽死と自殺の混在

「安楽死」＝「誰でも死を選べる権利」という誤認により安楽死を法制化した後、安楽死すべきでない人（自殺願望がある人）が安楽死を希望してしまうと考えられる。これを認めてしまうと自殺が許容されたような社会に繋がってしまう。そもそも安楽死とは生きることが耐え難い苦痛となり安楽死以外に代替案が無い人を対象にするもので（具体的には終末期医療患者、難病患者など）、自殺願望のある人の悩みに対して、解決策は少なからずあるだろう。だから、安楽死=自殺では無いのだ。

そこで、この誤った認識を防ぐために解決策として「対象者の厳格な限定」を考えた。

安楽死対象となる患者の病名や症状を具体的に定め対象者を限定していくのだ。これによって安楽死の正しい定義を広め、自殺との境界線を明確にしていく。

## 5 まとめ

世界的に見ても安楽死への対応が遅れている日本だが、実際に安楽死をするとこの国特有の問題も生じ、一筋縄ではいかないことが目に見えてわかった。今後私たちが医師となり多くの患者と関わっていくなかで、この安楽死を考えさせられる場面はそう少くないだろう。その頃にどのような体制になっているか想像もつかないが、私個人としては、このテーマの議論がより活発に行われ、1 人でも多くの患者の思いが叶うことを願っている。

# 障がい者差別の対策案

理数科 3 年

Understanding of people with disabilities is low, and there are various issues in this regard. Considering this background, investigate the current measures being taken, focus on future challenges, think of countermeasures, and work towards solving them.

## 1 研究目的

障がい者への理解が低く、様々な問題を抱えている現状がある。このような背景を踏まえて今行われている施策を調査し、今後の課題に目を向けて、対策案を考え、解決する。

## 2 研究方法

障がい者について知っているか、そしてどこからその情報を得たのかアンケートを 100 人にとり、認知度を調査する。そしてどの情報ツールが 1 番効率的に障がいについて広報できるか、アンケートを用いて考察する。

## 3 結果

障がい者について知っていると答えた人が全体の 6 割を占めていて、多くの人は障がいについて認知をしているということがわかった。そして 6 割の人からどの情報ツールで知ったかをアンケートしたところテレビと答えた人が 4 割、SNS と答えた人も 4 割となった。

## 4 考察

この調査の結果からテレビ、SNS で広報するのが、1 番効率が良いのではないかと考えた。そこから考えた対策案は、テレビによる障がい者のドキュメンタリー番組を増やすことや、SNS から国民に向けて広報するという 2 つになった。

## 5 結論

この 2 つの対策案は現在すでに行われていて、国が国民に向けて障がい者について SNS で広報をしている。そして最近では障がい者のドキュメンタリー番組などを増やす対策が行われていることがわかった。今回出した案は既存の対策案であったが、1 番効率の良い対策案について考えることができた。これからもこのような広報を続けていくべきだと思った。

## 6 参考文献

- 1) 厚生労働省社会 . “障がいや病気を有する者などの現状と取り組み” . 厚生労働省 . 2018.  
<https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/18/dl/1-01.pdf> (参照 2023-11-28)
- 2) 法務省 . “障害を理由とする偏見や差別をなくしましょう” . 法務省 . 2022.  
[https://www.moj.go.jp/JINKEN/jinken04\\_00131.html](https://www.moj.go.jp/JINKEN/jinken04_00131.html) (参照 2023-11-28)

# 医師法第 17 条改正と診療参加型臨床実習

理数科 3 年

In 2023, the Japanese Medical Practitioners' Act was amended, affecting the structure of clinical training from the fourth to sixth years for medical students. I am considering how we should view this change and what kind of skills will be acquired.

## 1 要旨

医学科 4 年次に行われる医師としての基礎的な知識技能を評価する共用試験に合格したのちに実施される臨床実習だが、医師免許を持たない学生の医行為は医師の業務等を定める法律である医師法の第 17 条「医師でなければ、医業をなしてはならない。」に違反するのではないかと考えられていた。そこでこの臨床実習の違法性を回避するために、17 条のその 2 として「一定の医業を行うことができる」と改正がなされ、医学生の実習は法的に担保される形となった。今回の研究では、この法改正が臨床実習にもたらした変化点について、その上で残る課題と診療参加型実習で求められる力について考察する。

## 2 背景

臨床実習は医師としてのキャリアの中で、六年制の医学部医学科入学し 4 年時に実施される共用試験合格したのちに各大学の附属病院や地域の連携病院で医師としての知識、技能、態度、思考法を学ぶ事を目的として行われる。そのため、学生が医行為を行う場面が伴うという現状があった。

しかし医学生はまだ医師国家試験に合格しておらず、医師免許を持たない実習生であるため、学生が行う医行為は医師の業務等に関する法律を定める医師法の第 17 条「医師でなければ、医業をなしてはならない」に違反するのではないかと考えられていた。その中でも実習と一環として、違法ではあるが医行為を主治医が行わせるというグレーゾーンの中で行われている現状であった。

この学生の医行為の違法性を回避するために、厚生労働省によって、学生が行っても良い医行為の範囲を示した「門田レポート」「前川レポート」が提示されたが、依然として法的担保はなされていないため、診療参加型臨床実習による学生の学びの場は十分に確保されていないという現状が続いていた。

また従来の臨床実習ではレポートの提出、医師による講義などが行われていたため、医師側は通常の業務に加えて学生の指導をする必要がある事が、患者にとっても違法性のある医行為を提供される事や同意をする必要があるなど、多くの負担が残る形態であった。

これらの状況を改善するために医師法第 17 条に追記される形で法改正がなされ、令和 5 年度 4 月 1 日より施行された。（資料 1）

（資料 1）医師法第 17 条法文

第 17 条 医師でなければ医業をなしてはならない。

第 17 条の 2 共用試験に合格した医学生について、前条の規定にかかわらず、医師の指導監督のもとに一定の医業を行うことができる。

この法改正によって医学生は門田レポートによって定められる一の医業（資料2）を、臨床実習を通して経験できるよう定められた。

（資料2）一定の医業門田レポートによって定められる2つのレベルの医行為厚生労働省医政局医事課，“法改正の経緯と医学生の医業の範囲について”，2021，10頁

- ・医師養成の観点から臨床実習中に開始されるべき医行為（必須行為）

| 分類   | 内容                                                                                                          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 診察   | 診察 診療記録記載（診療録作成）※1、医療面接、バイタルサインチェック、診察法（全身・各臓器）、耳鏡・鼻鏡、眼底鏡、基本的な婦人科診察、乳房診察、直腸診察、前立腺触診、高齢者の診察（ADL評価、高齢者総合機能評価） |
| 一般手技 | 一般手技 皮膚消毒、外用薬の貼付・塗布、気道内吸引※2、ネブライザー、静脈採血、末梢静脈確保※2、胃管挿入※2、尿道カテーテル挿入・抜去※2、注射（皮下・皮内・筋肉・静脈内）、予防接種                |
| 外科手技 | 外科手技 清潔操作、手指消毒（手術前の手洗い）、ガウンテクニック、皮膚縫合、消毒・ガーゼ交換、抜糸、止血処置、手術助手                                                 |
| 検査手技 | 検査手技 尿検査、血液塗抹標本の作成と観察、微生物学的検査（Gram染色含む）、妊娠反応検査、超音波検査（心血管）、超音波検査（腹部）、心電図検査、経皮的酸素飽和度モニタリング、病原体抗原の迅速検査、簡易血糖測定  |
| 救急   | 救急※3 一次救命処置、気道確保、胸骨圧迫、バックバルブによる換気、AED※2                                                                     |
| 治療   | 治療※4 処方箋（内服薬、注射薬、点滴など）のオーダー、食事指示、安静度指示、定型的な術前・術後管理の指示、酸素投与量の調整※5、診療計画の作成                                    |

- ・医師養成の観点から臨床実習中に開始される事が望ましい医行為（推奨項目）

| 分類   | 内容                                         |
|------|--------------------------------------------|
| 診察   | 患者・家族への病状の説明、分娩介助、直腸鏡・肛門鏡                  |
| 一般手技 | ギプス巻き、小児からの採血、カニューレ交換、浣腸                   |
| 外科手技 | 膿瘍切開、排膿、嚢胞・膿瘍穿刺（体表）、創傷処置、熱傷処置              |
| 検査手技 | 血液型判定、交差適合試験、アレルギー検査（塗布）、発達テスト、知能テスト、心理テスト |
| 救急   | 電気ショック、気管挿管、固定など整形外科的保存療法                  |
| 治療   | 健康教育                                       |

※1 診療参加型臨床実習実施ガイドライン「学生による診療録記載と文章作成について」を参考に記載する

※2 特にシミュレータによる修得ののちに行うべき

※3 実施機会がない場合には、シミュレータによる修得も可である

※4 指導医等の確認後に実行される必要がある

※5 酸素投与を実施している患者が対象

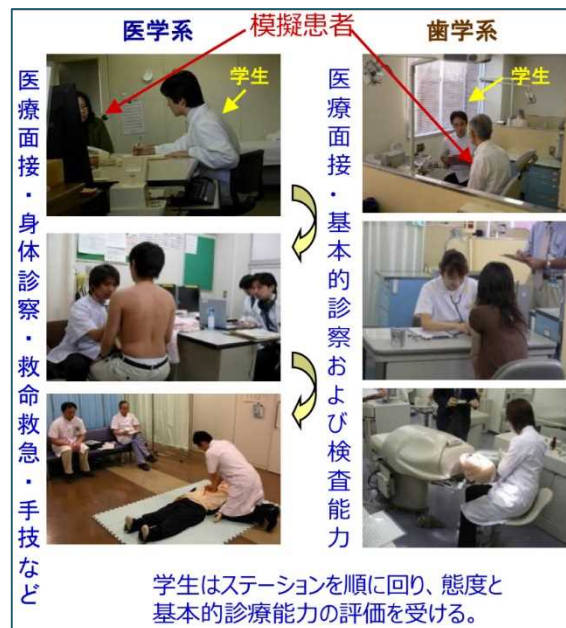
### 3 変化点

#### ①共用試験の公的化

改定後第17条の2に明記される、臨床実習に参加する医学生を評価する事を目的に行なわれる共用試験だが、これまでは各大学によって合格点等が統一されていないという状態であった。法改正に伴って医行為を行う医学生を正しく評価する必要があると考えられた事から、2023年8月より合格点・課題数・種類を全大学で統一するなどの形で国による公的化がなされた。試験の内容はコンピュータ上で医療の基礎的な知識・技能を問うCBT（Computer Based Testing）（資料3）と模擬患者への医療面接、身体検査、手技を通して臨床の場での実践的な知識、技能を問うOSCE（Objective Structured Clinical Examination）（資料4）が実施されている。



(資料 3)  
CBT (ComputerBasedTesting)  
厚生労働省医政局医事課, “法改正の  
経緯と医学生の医業の範囲につい  
て”, 2021, 7 頁



(資料 4)  
OSCE (Objective Structured Clinical Examination)  
厚生労働省医政局医事課, “法改正の経緯と医学生  
の医業の範囲について”, 2021, 7 頁

この公的化された臨床実習により、医行為  
を行う技能があると明確にする事ができる事から患者に安心感を与える事にもつながった。

## ②診療参加型臨床実習

法改正に伴い医学生の医行為が法的に担保された事、門田レポートによって学生が行える医行為が  
明文化された事などから、臨床実習は従来の見学型実習から診療参加型実習へと姿を変えた。

診療参加型臨床実習では前述の共用試験に合格した医学生が Student Doctor として主治医チーム  
の一番下に位置付けられ、チーム全体で患者に医療を提供するという学生もチームに貢献ができ責任  
を負う体制である。(イメージ図資料 5)

|     |
|-----|
| 主治医 |
| 研修医 |
| 学 生 |

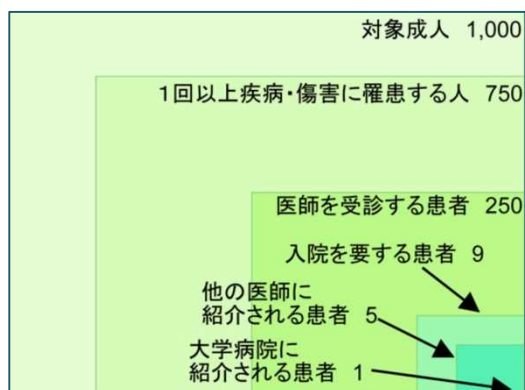
(資料 5)  
診療参加型臨床実習学生が主治医チームに参加イメージ図

この臨床実習によって医師にとっては学生への講義、レポートの削減による負担減少や教える事が  
自分に学びとして返ってくる、患者にとっては主治医には話しにくい事も学生なら話しやすい、協力  
する事が治療を受けるのみで受け身にならず自己効力感を感じる事ができるなどのメリットが挙げら  
れる。

この臨床実習の形態変化により学生はより充実した学びの機会を得る事ができ将来的に高いレベル  
へと到達できると考えられている。

## 4 課題

多くの臨床実習は各大学の附属病院で行われるが、医療のニーズ構造図(資料 6)によると、大学  
病院に紹介される患者は 1000 人の成人のうち 1 人である事から稀な病気である場合が多い。この事  
から地域の病院の遭遇数が多い事から重要視される Common Disease (高頻度で遭遇する疾患)の経  
験が不足してしまうという課題が挙げられる。



(資料6)

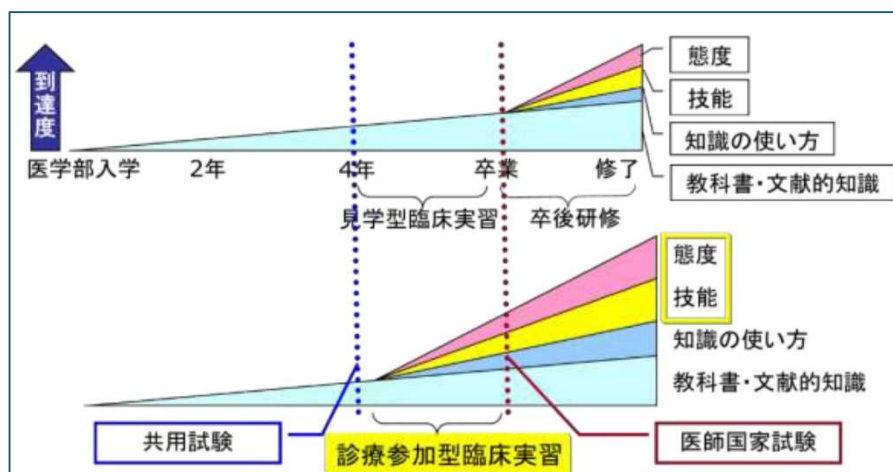
日本人の一般住民の健康問題の発生頻度と対処行動  
日経メディカル, 今、医師の育成に何が必要か,  
2009-06-17

この状況に対し、山形大学では「山形県広域連携臨床実習協定」と呼ばれる学外の地域の病院での診療参加型臨床実習が1ヶ月ずつ3病院で必須化されるものを県内の14病院と連携を結んで実施している。この他の大学に関しても大学病院だけでなく地域医療を担う病院での臨床研修を進めるカリキュラムがいくつか組まれている。

このように疾病構造の変化、少子高齢化社会などからニーズが高まるプライマリ・ケアや地域医療に応用できる知識、技能を臨床研修を通して学ぶ事が今後も課題として挙げられる。

## 5 まとめ

医師としての第一歩を踏み出す場である診療参加型臨床実習は法改正に伴い求められる力が大きく変わると考える。学生も主治医チームに参加して実習を行う事から、講義やレポートの数が減少した一方、患者と実際にコミュニケーションを取り、提供する医療を考えるという医師免許取得後と同様の実習が行われるようになった。そのため、臨床実習に参加する医学生には診療に軟化する中で自分に必要な力は何かを考え、講義等が少ない分主体的に知識、技能を学ぶ必要があると考える。また学生時から臨床の場に携わる事で臨床実習、国家試験合格後の臨床研修、専門研修へと医師としてのキャリアをシームレスに積み、より高い知識、技能、思考法のレベルに到達ができると考えられている。



(資料7)

診療参加型臨床実習への移行による学修面でのメリット  
厚生労働省, “診療参加型臨床実習実施ガイドライン”,  
2016 改定

このことから医学生は研修医や主治医の姿から学ぶ事や患者との関わり合いを通して、今後必要になるスキルはどのようなものか、自分はそれを獲得出来ているかと将来を見通した臨床の現場で活かせる実践的な技能を身につける事がより重要視され则认为。これらの意識の持ち方が今後の超高齢化社会での医療や地域医療のニーズの高まりに対しても活躍できる医師となる上で欠かせない要素だと考える。

## 6 参考文献

厚生労働省. “診療参加型臨床実習実施ガイドライン”. 2016 改定

<https://www.mhlw.go.jp/content/10803000/000858724.pdf> (参照 2024-04-05)

厚生労働省. “法改正の経緯と医学生の医業の範囲について”. 2021

<https://www.mhlw.go.jp/content/10803000/000858721.pdf> (参照 2024-04-03)

# 僻地医療の課題とその解決策

理数科 3 年

In recent years, Japan's population has been aging, and the aging rate is expected to increase further in the future. As a result, the age range of patients is also increasing, and the medical field in Japan is facing a variety of medical issues. Especially in the medical field in remote areas, the shortage of manpower and the decrease in the number of means to go to hospitals are serious problems. Therefore, we conducted this research in the belief that the enhancement of medical care for the elderly may provide hints for improving medical care in remote areas. We conducted a study to find out if reducing the number of hospital visits in remote areas, where there is a problem of increased burden for medical personnel and difficulty for patients in making hospital visits, would have a positive effect on both physicians and patients. As a result, we propose three measures. The first is to set up simple clinics at community facilities in remote areas to provide medical care. The second is the introduction of equipment that can listen to heart and lung sounds and check vital signs remotely through online medical care. The third is a method called "traveling clinic," in which a medical team from a hospital provides regular medical care in an area where there is a shortage of doctors.

## 1 要旨

近年、日本では高齢化が進んでおり、これからもさらに高齢化率が上がっていくと予想される。それによって、患者の年齢層も上昇しており、日本の医療現場は様々な医療課題を抱えている。特に僻地の医療現場では人手不足、通院する手段の減少が深刻な問題となっている。そこで高齢者のための医療の充実が僻地医療の改善のヒントになるのではないかと考え、研究を行った。医療従事者にとっては負担の増加、患者にとっては通院が困難だという問題がある僻地の医療現場では通院回数を減らすことで医師と患者の双方にとって良い効果が見込めると考え、研究を行った。その結果として三つの方策を提案する。一つ目は僻地のコミュニティ施設に簡易的な医院を設置して診療を行う方法。二つ目はオンライン診療で心音肺音を聴くことのできる機器の導入やバイタルチェックが遠隔で行える機器の導入である。そして、三つ目は巡回診療といい医師不足の地域で病院の医療チームが定期的に診療を行う方法である。

## 2 研究目的

現在、僻地では医療機関の縮小、医師数の減少により通院が困難になっている。僻地から地域中核病院のアクセスには時間がかかり、患者や支える家族の負担が増加している。また、多くの患者が通院していると病院が混雑するという課題がある。このような課題があり、医療費や受けられる医療内容が都市部に偏っていて医療格差が広がっている。また、医師が少なく、大きな病院から医師などの医療従事者が小さな病院へ決められた曜日に派遣される助勤体制というものがある。これは医師の負担が増える原因ともなっており医師の労働環境も深刻なのが現状である。そこで医療体制の整備と患者のための医療の充足を目的として本研究を行った。

## 3 研究方法

僻地医療と高齢者を対象とした医療の現状と課題をまとめ、オンライン診療に関する論文を参考にし僻地医療により適している解決策を提案する。また、巡回診療についても同様に研究を行う。そして、

解決策のメリット・デメリットをまとめ患者の診療に適している方法を提案する。僻地医療により合った方法を探すため研究を行う。

#### 4 結果

##### ・オンライン診療

|                         | メリット                                                                                                                           | デメリット                                                                                                   |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ビデオ通話を用いた従来のオンライン診療     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・以前から使われている方法なため普及しやすい</li> <li>・操作があまり複雑ではない</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・問診や視診だけになってしまう</li> <li>・伝達する情報が少ない</li> </ul>                  |
| Vital sight を用いたオンライン診療 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・医師と血圧などの情報を共有しやすい</li> <li>・スケジュール化されているので薬の飲み忘れなどを防げる</li> <li>・様々な測定項目がある</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・付属端末が多い</li> <li>・導入に手間がかかる</li> <li>・電子カルテへのアクセスが複雑</li> </ul> |
| JPES-01 を用いたオンライン診療     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・僻地医療だけでなく感染症時でも遠隔で使える</li> <li>・音量調節ができる</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高価</li> <li>・看護師などが補助しないと正確な診断ができない</li> </ul>                  |



##### ・巡回診療

僻地にある公民館で簡易的な検査を定期的に行う方法がある。現在、このような公民館を簡易的な診療所にする方法が全国でも採用されている。この方法を普及することで、予防医療が充実し大きな病にかかるリスクを減らしたり、医療機関に行く機会を減らして患者さんの負担軽減になったりといったメリットがある。さらに家族の負担軽減や一人暮らしの高齢者にとっても利用しやすい医療になると考える。公民館という地域の人が集まりやすく、地域の人々が交流できる。定期的に気軽に集まれるコミュニティ形成も巡回診療の大きな利点となる。しかし、現在、医師看護師不足は深刻であり、医療チームが作れない可能性もある。巡回診療を行っている自治体では最低でも月2回診療を行っているため、医療従事者の負担が大きい。



## 5 考察

オンライン診療を導入することによって、医師不足や医療物資不足である僻地でも、医師や医療物資が行き届いている都市部から、診療を行うことができる。医師や病院の数や規模が都市部に偏っている地域では、機器の導入がしやすいというメリットがある。しかし、高齢者を対象にした医療を提供するにあたって情報機器の扱いの難しさや家庭にオンライン診療の機器を設置するときの難しさなどがある。さらに、通信機器のネットワーク回線の安定化なども必要となってくる。また、巡回診療を行うことで通院が困難な患者でも近くの公民館などで診察を行えるので、病気の予防・早期発見を気軽にすることができる。地域の人が集まれるコミュニティ形成にも役立つので、健康な暮らしをお互いに支えることができる。しかし、人手不足に悩まされている地区では、巡回診療のチームを結成することができないという問題点がある。

## 6 結論

いずれの方法も通院が困難な患者やその家族にとって便利なシステムだと考える。しかし、オンライン診療では機器の導入に手間やコストがかかったり、機器の扱いが難しかったりと課題がある。巡回診療でも人手不足が深刻なのが現状である。これらの問題点があり、この方法を採用するにはまだ至らないという自治体がある。その問題を解決するためにこれからも研究を続けていきたい。

## 7 参考文献

1)新潟県福祉保健部.” 令和4年度 信頼される県立病院づくりのための住民ニーズ調査”

新潟県ホームページ. 2022

. [https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjGgqqStPyCAXW7e\\_UHHYOrBscQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.pref.niigata.lg.jp%2Fsite%2Fbyoin%2F20230323keiei-2.html&usg=AOvVaw13VpAh3sqzIs40Wxg8pJAp&opi=89978449](https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjGgqqStPyCAXW7e_UHHYOrBscQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.pref.niigata.lg.jp%2Fsite%2Fbyoin%2F20230323keiei-2.html&usg=AOvVaw13VpAh3sqzIs40Wxg8pJAp&opi=89978449)

(参照 2023 11-14)

2)厚生労働省医政局総務課.” オンライン診療その他の遠隔医療に関する事例集”. 厚生労働省. 2023

<https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/001140242.pdf> (参照 2024 2-15)

3)中央社会保険医療協議会.” 医療と介護を取り巻く現状と課題”. 厚生労働省. 2016

[https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjGgqqStPyCAXW7e\\_UHHYOrBscQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.mhlw.go.jp%2Ffile%2F05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka%2F0000167844.pdf&usg=AOvVaw12nFYSYaoGyRxV3sIS7mD&opi=89978449](https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjGgqqStPyCAXW7e_UHHYOrBscQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.mhlw.go.jp%2Ffile%2F05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka%2F0000167844.pdf&usg=AOvVaw12nFYSYaoGyRxV3sIS7mD&opi=89978449)

(参照 2023 10-31)

# 医療倫理問題と向き合うために

理数科 3 年

I wanted to further improve the quality of the current medical care in Japan. So I focused on matters related to medical ethics and researched the necessary information to consider how we should face them in order to solve the problems that arise. I suggest the following to deal with the problem:

- ① Agreed understanding of informed consent between doctors and patients
- ② Implementation of appropriate communication between medical professionals and patients

## 1 要旨

現在の日本の医療の質をさらに向上させたいと思い、医療倫理に関する事柄に焦点を当て、そこで起こる問題解決のために我々がどのように向き合うべきなのかを必要な情報を調べた上で考察した。そこで問題に向き合うために必要なこととして、

- ① 医師と患者間のインフォームド・コンセントの認識の一致
  - ② 医療従事者と患者間での適切なコミュニケーションの実施
- を提案する。

## 2 研究目的

近年日本では医療倫理問題を原因とする訴訟が増加傾向にある。宗教的・文化的・社会的背景の違いによって患者と医療従事者間で引き起こされる医療倫理問題には正解はなく、解決は簡単ではない。一方で全ての人々が安心して治療を受けるためには取り除かなくてはならない障害である。そこで私は医療倫理問題を少しでも減らしたいと思い、調査・考察を行なった。

## 3 研究方法

必要な知識・情報を文献やインターネットを用いて収集し、それを元に考察と提案を行なった。

## 4 結果

医療倫理問題は大きくわけて四つに分類される

- ①生命の始まりに関するもの  
→出生前診断、妊婦と胎児の救命の提供方法、遺伝子治療など
- ②生命の終わりに関するもの  
→終末期医療、安楽死、尊厳死など
- ③患者の権利に関するもの  
→インフォームド・コンセント、医療事故、医療過誤など
- ④公平(公正)に関するもの  
→医療格差、医療ツーリズム、臓器売買など

《原因》

- ①に関して、生命の尊厳を無視した選択や研究
- ③に関して、医療従事者による不必要な医療介入や患者の意思の無視

《裁判事例》

平成 12 年 2 月 29 日

(裁判事項)

宗教上の信念から、いかなる場合にも輸血を受けることは拒否するとの固い意思を有している患者(エホバの証人)に対して、医師が、ほかに救命手段がない事態に至った場合には、輸血するとの方針

を採っていることを説明しないで手術を施行して輸血をした場合において、右医師の不法行為責任が認められた事例  
(判決)

医師は、患者が右手術を受けるか否かについて意思決定をする権利を奪われたことによって被った精神的苦痛を慰謝すべく不法行為に基づく損害賠償責任を負う。

医療従事者の指標となる医療倫理四原則や臨床倫理四分割法が存在する

・医療倫理四原則

|         |     |
|---------|-----|
| 自己決定の尊重 | 無危害 |
| 善行      | 公正  |

・臨床倫理四分割法

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| <u>医学的適応</u><br>善行＋無危害     | <u>患者の意向</u><br>自立性尊重 |
| <u>QOL</u><br>自立性尊重＋善行＋無危害 | <u>周囲の状況</u><br>公平・公正 |

## 5 考察

我々が医療倫理問題と向き合うために必要なこととして、以下のことを提案する。

### ①インフォームド・コンセントの認識の一致

医療従事者は患者に対し病状説明の方法と範囲を明確にし、適切に伝える義務がある。一方で患者自身も医療従事者に自身のことに関する適切な情報提供を行う義務がある。

### ②患者と医師間で適切なコミュニケーションを行う

疾病構造が急性疾患から慢性疾患へ変化したことで医療従事者と患者との関係が長期的なものになった。慢性疾患の原因は生活習慣に起因するものもあるので治療には両者の信頼関係の構築が求められる。

## 6 結論

これからはより一層多様な思想・性・生き方に対し理解できる寛容さと、柔軟な考えを持って接することが求められる。そのため日本の医療の質を向上させるためには医療従事者と患者の垣根を越えた1人1人の人間としての理解と配慮が求められる。

## 7 参考文献

日本医師会 医と倫理の基礎知識 2018年版 <https://www.med.or.jp/dl-med/doctor/member/kiso/a02.pdf>

東京都立病院機構 患者の権利章典 <https://www.tmhp.jp/kikou/about/patient-right/patient.html>

丸山英二 神戸大学 第5回内保連合会合討議 インフォームド・コンセントと法律 <https://www2.kobe-u.ac.jp/~emaruyam/medical/Lecture/slides/150117naihoren4.pdf>

日本医師会 医の倫理について考える 令和4年6月 [https://www.med.or.jp/dl-med/doctor/rinri\\_cs2.pdf](https://www.med.or.jp/dl-med/doctor/rinri_cs2.pdf)

メディカル・サイエンス・インターナショナル

<https://www.medsj.co.jp/downloadb0ec7ae06bb2b29135a43d375e73ae940509e580.pdf>

## 編集後記

この「令和6年度理数科3年課題研究論文集」は、理数科の生徒が取り組んだ課題研究の成果をまとめたものです。

今期の理数科生は、SSH指定10期生、またメディカルコース7期生となります。1学年より大学の先生による各種講演会や大学での実験講座、病院での医療実習など様々なプログラムを体験してきました。これらの経験を踏まえ、1学年の終わりに研究テーマを設定し、2学年から本格的に研究をスタートさせました。

この成果を以下の校内外の発表会で発表し、外部評価者の先生方より多くの指導・助言をいただき、論文集にまとめることができました。なお、令和6年度よりこの論文集は印刷製本を行わずデジタルデータとしてホームページに掲載します。

令和5年12月19日 **課題研究中間発表会** 本校にて

令和6年4月24日 **課題研究発表会** 高田城址公園オーレンブラザにて

審査結果：サイエンスコース最優秀賞・庄山悦彦杯

「生分解性プラスチックの分解条件」

メディカルコース最優秀賞

「新型出生前診断と人工妊娠中絶に関する課題」

令和6年7月29日 **第12回新潟県SSH生徒研究発表会 in Echigo-NAGAOKA**

アオーレ長岡にて

ステージ発表「生分解性プラスチックの分解条件」

ポスター発表 サイエンス10本、メディカル11本

令和6年8月7、8日 **SSH生徒研究発表会** 神戸国際展示場にて

「生分解性プラスチックの分解条件」

**第68回日本学生科学賞新潟県大会** 10テーマ出品

表彰 奨励賞 「振動数と水面の液滴の残存時間の関係について」

このSSH課題研究の取組は、自然科学や科学技術の発展に貢献し日本を牽引するイノベーション人材育成を目指して実施されていますが、本校からも一人でも多くこのような人材が現れてくれることを期待してやみません。最後に、この課題研究ならびに論文作成にご協力いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

(白石 一雄)