目　　次

速さと温度の関係 ～ミニ四駆の真実～ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
Relationship between speed and temperature ~The truth about mini 4WD~
遠西 大雅　佐藤 桜輔　千賀 義人　飯村 琢斗　冨田 友希

醤油粕を分解できる微生物の発見 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
Discovery of microorganisms capable of decomposing soy sauce lees
網倉 悠　磯﨑 梓　渡邉 拓馬

デンプンの加水分解における触媒性能の比較と改良 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
Comparison and development of catalyst performance in starch hydrolysis
工藤 晴登　熊田 友紀　児玉 悠馬　生天目 駿輔

電解質水溶液中のアミノ酸抽出量 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
Amino acid extraction amount in electrolyte solution
工藤 大空　附田 育夢　石井 悠楽

場合の数と確率における挫折の分析と考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18
Analysis and consideration of difficulties with probability problems
井上 陽貴　金沢 拓翔　川那子 大雅　津久井 太陽　山形 聡太

ゲーム開発におけるゲーム性による一般性の変化 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
Generality changes with playability in game development
木下 友佑　倉品 怜旺　鈴木 博紀　關 柾信

カビは世界を救う ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・28
Mold saves the world
菊池 のどか　佐藤 悠悟　益子 陽晃

車両の振動の最小化 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
Minimizing vehicle vibration
山口 秀一　渡邊 大地　長谷川 健太　足立 遥　鷺田 陽風

ウメの抗菌作用に関する研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・36
Analysis of antimicrobial action of plum leaves
黒澤 孝介　齊藤 遥　佐藤 凌虎　渡邉 友翔

海洋性発光バクテリアの発光強度についての研究　～電力削減に向けて～ ・・・・・・・・・40
Luminous intensity of marine luminous bacteria
江尻 梓海　佐々木 瑛音　宮本 直幸

速さと温度の関係 ～ミニ四駆の真実～

遠西 大雅　佐藤 桜輔　千賀 義人　飯村 琢斗　冨田 友希

Relationship between speed and temperature ~The truth about mini 4WD~

Taiga TONISHI, Osuke SATO, Yoshito SENGA, Takuto IIMURA, Yuki TOMITA

Abstract

We wanted to make our mini 4WD go faster. We aimed to find a new method, rather than using existing ones. Therefore we turned to formula cars. They increase grip by raising the temperature of the tires, melting them, and making them more adherent to the ground By doing so, the maximum lateral static friction force is increased, allowing the car to turn corners at higher speeds. Similarly, we thought that by changing the temperature of the tires, we could make the mini 4WD go faster. As a result, the cars were faster when the tire temperature was lowered. The reason for this is that the dynamic friction force of the tires affects cornering, and the larger the value, the more negative the effect.

１　はじめに

「ミニ四駆」とはタミヤから発売されている小型の動力付き自動車模型である。特製のコース上で周回時間や順位を競う。そのために通常はマシンのパーツや形状に改良を加えるのが定石である。逆にそれ以外の手段はルールの制約もあり，開拓されていないのが現状となっている。そこで私たちはミニ四駆を既存の方法以外で速く走らせる方法はないかと考え，フォーミュラカーに着目した。F1 レースなどにおいてフォーミュラカーはタイヤの温度を上げ，表面を溶かし，粘着性を上げることでグリップ力を上げている。そうすることで横方向への最大静止摩擦力が高まり，より速い速度でコーナーを曲がれるようになる。これは遠心力が速さの二乗に比例し，遠心力が最大静止摩擦力を越えるとマシンがスリップすることに起因する。

それと同様にタイヤの温度を変化させることでミニ四駆をより速く走らせられると考えた。

２　仮説

運転者がタイヤの向きを変えられるフォーミュラカーと違い，ミニ四駆は意図的に車体の向きを変えられず，モーターの駆動のみで動く。そのため摩擦力が走行に与える影響も両者で違ってきてしまう。ミニ四駆は壁面に沿って走行するため，コーナーでは前輪をドリフト（滑らせる事）させて曲がる。この際にタイヤの回転方向に対して車体は斜めに移動する。このとき，壁面から受ける力とは反対向きに動摩擦力が作用する。よって動摩擦力が大きいほどコーナリング速度は低下する。

これらの曲がり方の違いによりフォーミュラカーは最大静止摩擦力，ミニ四駆はタイヤの横方向へ動摩擦力がコーナリング速度に影響する。ミニ四駆はタイヤを温めると動摩擦力が大きくなるため周回時間は長くなり，逆にタイヤを冷やすと動摩擦力が小さくなるため周回時間は短くなると考える。しかし，摩擦力はストレートの速度にも影響を与える。コーナリング時にはより小さいほうが有利であるが，ストレートではタイヤが路面との間で滑りやすくなる事

によりモーターのトルクを効率的に伝える事が出来なくなり，空転や動力ロスなどが発生する。よってストレートではより大きいほうが有利であると考える。これにより，温度変化によって周回時間には最速のピークが存在すると予想する。

3　実験方法，結果

使用した道具

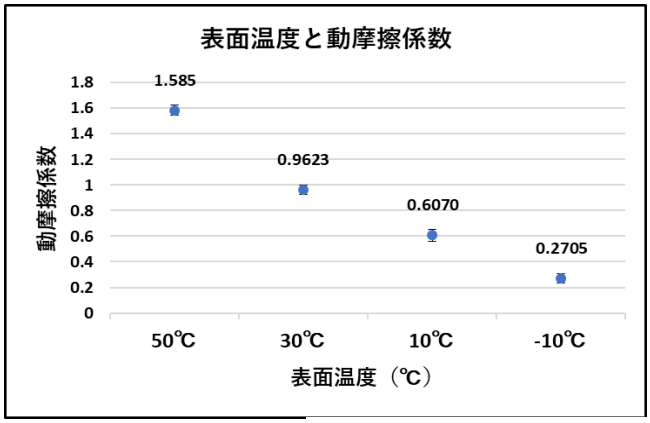
実験の際には以下の物品を使用した

- 1/32 ダッシュ 1 号・皇帝（エンペラー）（MS シャーシ）
- elesories 製ヒートガン「HG1012」
- ビーカー
- スターラー
- 食塩
- 氷
- ばねばかり

実験 3 以降

- ドライアイス
- 水熱量計
- マザーツール　赤外線温度計「MT1」

Fig.1　Scene of experiment.1



（n=3）Error Bar：S.E.

Fig.2　The result of experiment.1

実験 1

ミニ四駆のタイヤの動摩擦力が温度によって変化することを調べる。

タイヤの温度を変化させたミニ四駆を ABS 樹脂製のコース上でタイヤロックする。その状態でばねばかりを用いて動摩擦係数を求める。70℃以上ではタイヤが融解しだし，ミニ四駆に装着することが困難であったため，50℃から-10℃を変域とし，20℃刻みで計測を行った。温度を上昇させる際は前述したヒートガンを用い，減少させる際は食塩水を氷で冷やしたものを用いた。

実験 2

温度及び動摩擦力が周回時間にどのような影響を及ぼすのかを調べる。

タイヤの温度を変化させたミニ四駆の周回時間を計測し，平均を求める。今回は 3～18 周目の平均を用いた。変域は実験 1 と同様とする。タイヤの加熱，冷却方法は実験 1 と同様である。

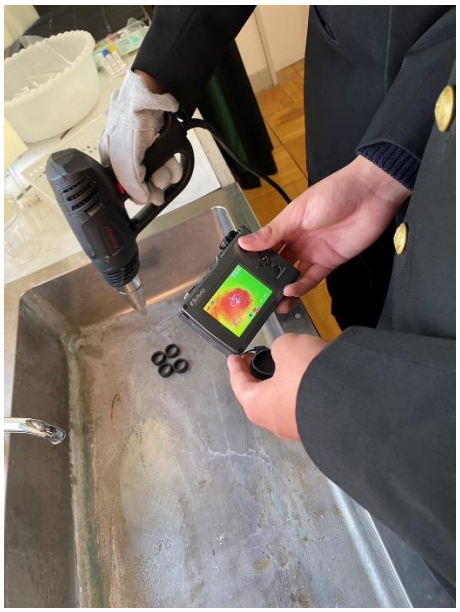


Fig.3　Heating method in experiment.2

Fig.4　Cooling method in experiment.2

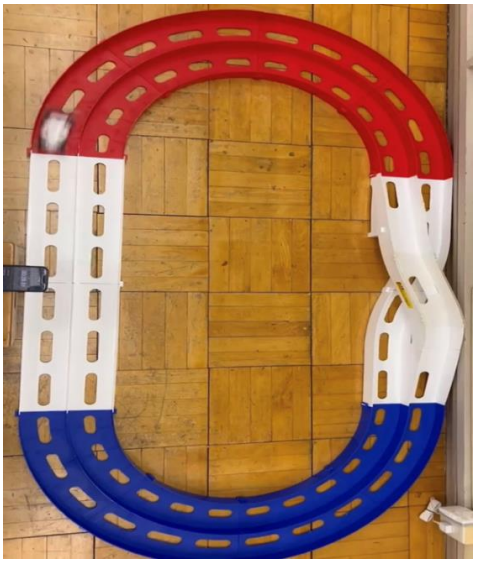
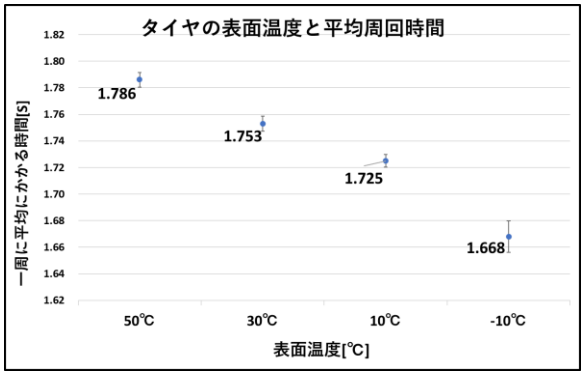


Fig.5　Course of experiment.2



（n=3）Error Bar：S.E.

Fig.6　The result of experiment.2

実験３

最適な温度が氷点下に存在すると仮定し実験２同様に調べる。ただし，今までの実験中にコースアウトやタイヤの急激な温度変化が見られたため，実験の方法に変更を加えた。コースレイアウトからレーンチェンジを削除し，約 10 周走らせ，2～6 周目の平均タイムを算出した。また，食塩水を用いる方法では冷やせる温度が-10℃ほどまででであったためドライアイスとエタノールの冷媒を用いた。

Fig.7　Cooling method in experiment.3

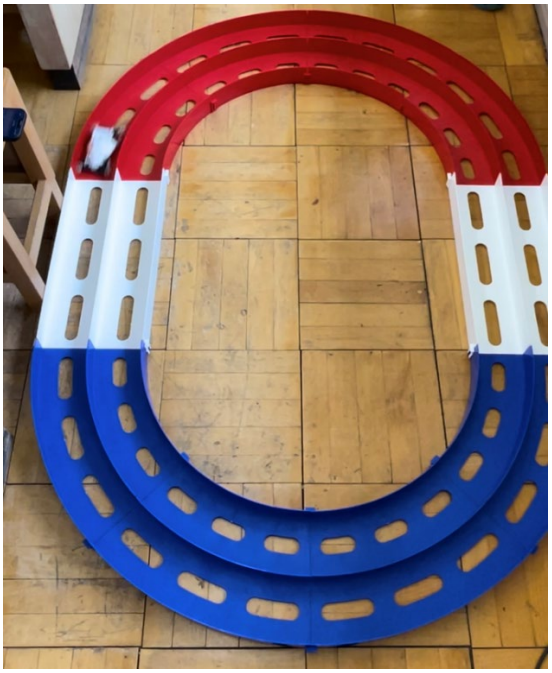
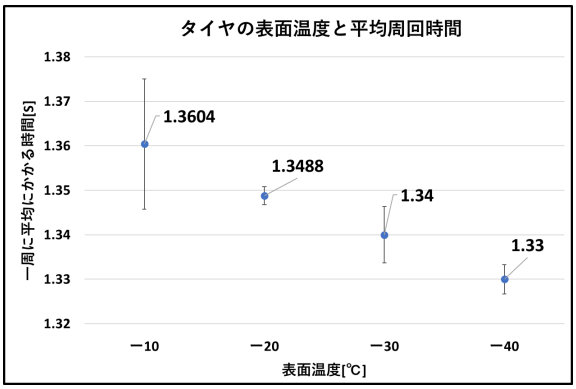


Fig.8　Course of experiment.3

4　結果，考察

実験１よりタイヤの温度を低くすると動摩擦係数が小さくなることが分かった。

また，実験２，３より温度を低くすると周回時間が短くなることが分かった。よって仮説のとおり



（n=6）Error Bar：S.E.

Fig.9　The result of experiment.3

タイヤの動摩擦力が周回時間に影響を及ぼしていると考える。温度が低いほど周回時間が短縮されたのはストレートの優位性よりコーナリング時の影響が大きかったためであると推測する。

5　まとめ

ミニ四駆はタイヤの温度を低下させることで動摩擦力の影響を小さくし，周回時間を短縮することができる。

6　今後の展望

我々が存在すると推測した周回時間のピークは今回の実験の変域である 50℃～-40℃では観測されなかった。実験より－40℃以下にあると考えられるため，より安定した実験方法を模索し誤差を減らした上で，そのピークを見つけたい。

7　参考文献

森住　竜雄.　温度依存性を考慮したゴム-路面間摩擦のマルチスケール評価　2013-2-7　p. 31-p. 35.

古田　勲.　ゴムはどうして弾性を示すのか：ゴムの弾性は空気や水と同じ（どうしてそうなるの２）2017-7-11　46 巻 4 号　p. 234-p. 238

醤油粕を分解できる微生物の発見

網倉 悠　磯﨑 梓　渡邉　拓馬

Discovery of microorganisms capable of decomposing soy sauce lees

Haruka AMIKURA, Azusa ISOZAKI, Takuma WATANABE

Abstract

Soy sauce lees is a large amount of waste that is produced when soy sauce is made. Since soy sauce lees is difficult to dispose of and has a large impact on the environment. We wondered if we could discover bacteria that decompose soy sauce cake from marine microorganisms that live in environments with high salt concentrations.Therefore, we thought that if we could discover microorganisms that decompose soy sauce lees from marine microorganisms that live in high-salinity environments, we would be able to process soy sauce lees more efficiently. Therefore, we attempted to isolate bacteria that can live on soy sauce lees as a nutrient.

１　はじめに

醤油粕とは，醤油の製造過程で醤油諸味を圧搾する際に生じる副産物であり，現在日本では年間 10 万ｔほどが廃棄されている。醤油粕に似た酒粕の場合，甘酒や漬物などで有効に活用されているが，醤油粕は独特なえぐみや高い塩分濃度により，現状では有効的に活用されていない。醤油粕は廃棄する際に，脱塩処理を行った後に焼却する。先行研究より醤油粕の脱塩処理の効率は，処理を行う醤油粕の体積に反比例することが判明している。そこで海洋微生物から，醤油粕を分解できるものを見つけることができれば，醤油粕の高い塩分濃度にかかわらず，体積を減らし，脱塩処理の効率を上げることができるのではと考え，本研究を行った。

２　実験準備

本研究では，海水性の菌の実験に使用できる海洋微生物用培地マリンブロスと，海水から醤油粕の分解が可能な微生物を単離するための醤油粕固形培地（以降，醤油粕培地）を使用した。

作成方法：醤油粕培地

（塩分濃度 3%, pH4.7）

本研究ではろ過を行うものと，行わないものの，二種類の醤油粕培地（以後ろ過あり，ろ過なしと区別する）を作成した。ろ過をすることで，植物性セルロースなどの醤油粕の固形成分が取り除かれ，培地を構成する成分が変化すると考えられる。

1 枚当たり，醤油粕（3.03ｇ）と精製水（20mL）を 20 分撹拌し海水と同じ塩分濃度 3%に合わせたものを，ろ過なしの場合はそのまま，ろ過ありの場合は,ろ過を行い，寒天（0.3g）を加えた後オートクレーブで 121℃の 20 分滅菌し，固めたものである。

この際，できるだけ元の醤油粕に近い環境で生育できる菌を見つけるために，塩分濃度のみを海水と同じ 3%に調整し pH 調整などは行わなかった。

作成方法：マリンブロス

市販の海洋微生物用培地（Condalob）を使用し，作成した。

３　実験

Ⅰ　海水からの単離

大洗海岸で採取した海水に微生物がいることを確かめるため，マリンブロスと二種類の醤油粕培地に海水を播種し，経過を観察した。

海水を 1 枚あたり醤油粕培地には 200μL，マリンブロスには 5 倍希釈したものを 200μL 播種した。

この操作を行う際，マリンブロスにそのまま海水を播種すると，過剰に菌のコロニーが発生してしまい，観察を行うことが困難であるため希釈を行った。

マリンブロスには多数の菌のコロニーが発生したため，採取した海水に菌が存在することは確認できた。醤油粕培地は二種類とも海水由来の菌の発生を確認することはできなかった。しかし，枯草菌と呼ばれる菌のコロニーが確認された。（図２）

海水を採取しに行った際の記録をまとめたものが以下の Table 1 である。コロニーが発生したものを○，発生しなかったものを×とした。

Table 1 The result of sampling

採取日	気温(℃)	水温(℃)	塩分濃度(%)	pH	ろ過無し	ろ過有り	マリンブロス
9/16	29.5	28.5	2.95	7.8	X	X	○
9/24	24.5	23.0	3.0	7.8	X	X	○
11/6	22.0	21.0	3.2	7.7	X	X	○
12/16	17.0	18.0	3.7	7.5	X	X	○
12/24	8.0	10.0	3.7	7.6	X	X	○

マリンブロス　　ろ過無し　　ろ過有り

Fig.1　The result of experiment.1

Ⅱ　枯草菌について

枯草菌とは植物や土壌に普遍的に生育している菌である。これらは危機的状況になると芽胞という耐久細胞を作り，UV や加熱，アルコール殺菌などに耐えることができる菌である。

実験Ⅰで確認された枯草菌は使用した醤油粕に元々存在していたものであり，オートクレーブによる殺菌にも芽胞によって耐えることができたと考えられる。

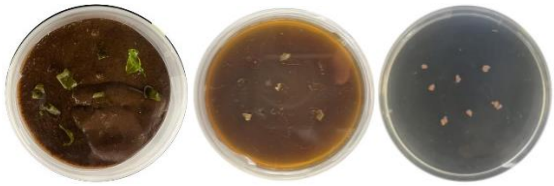
枯草菌はろ過なし培地のみで確認できたことから，今回の実験で確認された枯草菌は醤油粕の原料の植物由来だと考えられる。個別のマリンブロスで生育させる実験を行ったところ，コロニーが発生しなかった。必要な栄養が不足していたため，生育できないと考えられる。そのため，今後の実験では醤油粕培地に海水由来の菌が確認できた際に一度マリンブロスに移すことで目的の菌のみを生育し単離することにした。

Ⅲ　海藻からの菌の単離

海藻に生息している菌であれば醤油粕に多く含まれる植物性セルロースなどを分解できると考え，大洗海岸の海水を採取した場所付近で三種類の海藻を採取した。採取した海藻はテングサ類，アオサ類，褐藻類（種不明）の三種類である。

海藻をそれぞれ 5㎜ 角に切り一種類ずつろ過なし醤油粕培地とろ過あり醤油粕培地にそれぞれ等間隔で配置した。その後の経過を観察し，発生した菌をマリンブロスへ単離した。

アオサ類



テングサ類①

テングサ類②

褐藻類

Fig.2　The result of experiment.2

ろ過なしの醤油粕培地でアオサから 1 種，テングサから 2 種の菌の単離に成功した。褐藻類，ろ過あり醤油粕培地からは菌のコロニーの発生は確認できなかった。(Fig.2)

Ⅳ　液体培地での培養

今まで使用した固形培地は海藻由来である寒天で固めたものなので，今回海藻から単離した菌が寒天の成分を栄養として生きている可能性があり，これらの菌が醤油粕の栄養のみで生きている，すなわち，醤油粕を分解しているとは限らない。そこで，寒天を使用せずに作成した液体培地での培養を行った。

作成方法：醤油粕液体培地
（塩分濃度 3%，pH4. 7）

醤油粕固形培地と同じ比率(精製水 20mL 当たり醤油粕 3. 03g)の精製水と醤油粕を 20 分攪拌したものに，固形培地と異なり，寒天を加えずに作成した。

実験Ⅲで確認できた 3 種類の菌を，醤油粕液体培地で培養し，1 週間経過後に，菌を培養した液体培地を少量マリンブロスへ播種し菌が生育しているかを観察した。

アオサ類　テングサ類①　テングサ類②

Fig.3　The result of experiment.3

全ての菌のコロニーが生育したのを確認できた。このことから，醤油粕と水があればこの三種類の菌は生きられることが分かった。(Fig.3)

Ⅴ　菌の種類の同定

株式会社ベックスの研究用受託サービスである微生物シークエンスを利用し，これまでに発見した菌の種類を特定しようと考えた。同定は，PCR 法を用いて行なわれた。

アオサ類から発見した菌は *Rhodotorula mucilaginosa* の仲間だと判明した。この菌は，空中に常在する酵母菌の仲間であり，一般的には増殖が早く水場の汚れとして知られている。バイオセーフティレベルは 1 のほとんど無害な菌である。

テングサ類①の菌は *Pseudoalteromonas* 属だと判明した。この菌は細菌の仲間で，海洋生態系に広く分布する一般的な細菌である。沿岸や河口の海水，深海，海氷，有機堆積物，動植物の表面，養殖漁業の現場などから単離されている。バイオセーフティレベルは 1 のほとんど無害な菌である。また，最も近縁な種が同属の *arabiensis* という種である。

テングサ類②の菌は，塩基配列の重複により特定が困難であったため種の同定はできなかった。原因としては枯草菌との単離が十分でなかったこと，管理不足により空中の菌が入り込み繁殖してしまったことなどが考えられる。

４　まとめ

本研究では醤油粕の栄養のみで生育が可能であることが分かり，醤油粕を分解していると考えられる２種類の菌を同定することに成功した。その中で *Pseudoalteromonas* 属の菌は，海洋に生息する菌であり，醤油粕を分解できる菌を海で採取したサンプルから発見するという実験目的を達成できたといえるだろう。

逆に *Rhodotorula mucilaginosa* は海洋に生息する菌ではないことから，海洋以外の場所からも醤油粕の分解に活用できる菌が発見できる可能性が十分にあることに気が付くことができた。

ろ過醤油粕培地では菌が確認できなかったことから，植物由来のろ過により取り除かれる物質を養分にして生きていると考えられる。

また海水を播種した実験で醤油粕培地にコロニーが発生しなかった理由については，醤油粕を分解できる菌が海中に浮遊して存在するものでなく，海底や海藻に付着して存在しているものだったと考えられる。

５　展望

海底の砂などからも菌は発見できると考えられるため，新たな菌を探す際，海底の堆積物や生物の表面からの採取もしてみたい。

今回発見した菌が醤油粕の何を分解しているのか，分解量や分解速度がどの程度なのかを調べたい。

セルロースはろ紙を通り抜けられないため，植物性のセルロースなどが関係している可能性が高く，セルロースを計測，計量できる方法を考えたい。

６　謝辞

本研究を行うにあたり使用した醤油粕は，有限会社黒澤醤油より提供していただいた。また，見学を受け入れて下さったことをこの場を借りて厚く御礼を申し上げる。

７　参考文献

農林水産省.2022.醤油はどうやって造られているの？
https://www.maff.go.jp/j/kids/kodomo_kasumi/2022/content/shoyu.html

高品知典.2019.醤油諸味粕を分解する好塩菌・耐塩菌の分離.東洋大学研究シーズ集.19
https://www.toyo.ac.jp/assets/research/seeds2019-2020_19.pdf

山本秀樹,芝田隼次.2008.醤油粕からの大豆イソフラボンおよび塩分の回収.関西大学先端科学技術シンポジウム講演集.12th.267-270
https://kansai-u.repo.nii.ac.jp/record3124filesKU-0800-20030731-10.pdf

飯島沙織,岡原良太,鷲尾健司,森川正章.2012.海水環境でバイオフィルムを形成する Pseudoalteromonas 属細菌に見られる ユニークな微生物学的特性～水質浄化機能と栽培漁業への貢献の可能性.日本海洋学会誌.66.186-190
https://www.jstage.jst.go.jp/article/swsj/66/4/66_186/_pdf/-char/ja

生物資源データプラットフォーム.独立行政法人製品評価技術基盤機構.DBRP ｜ 微生物株や解析情報のデータプラットフォーム
https://www.nite.go.jp/nbrc/dbrp/dataview?dataId=STNB0000000000909
https://www.nite.go.jp/nbrc/dbrp/dataview?dataId=SPEC0000000053249

デンプンの加水分解における触媒性能の比較と改良

工藤 晴登　熊田 友紀　児玉 悠馬　生天目 駿輔

Comparison and development of catalyst performance in starch hydrolysis

Haruto KUDO, Tomoki KUMATA, Yuma KODAMA and Shunsuke NABATAME

Abstract

In recent years, bioethanol has received attention as an alternative to petroleum. We learned that there are several industrial methods to produce bioethanol, such as using concentrated sulfuric acid (inorganic catalytic method) and an enzymatic method (organic catalytic method). Thus, we decided to focus on the hydrolysis of polysaccharides to glucose, a chemical reaction necessary for glucose production, and to compare the catalytic performance of inorganic and organic catalysts. We used starch as the polysaccharide. We hypothesize that the enzyme method is a better catalyst for hydrolysis because it is more efficient than sulfuric acid in the starch hydrolysis reaction and is a better catalyst for hydrolysis. We also researched solid acid catalysts that are reusable and easy to collect. We focused on sulfonation, the process of attaching a sulfo group to carbon. We used concentrated sulfuric acid instead of fuming sulfuric acid, which is more expensive.

１　はじめに

近年，化石燃料の代替品としてバイオエタノールが着目されている。調べていくうちに，バイオエタノールの原料であるグルコースの工業的な製法として，濃硫酸を用いた方法や酵素法などがあることがわかった。そこで，グルコース製造に必要な化学反応である多糖類からグルコースへの加水分解に着目し，無機触媒と有機触媒の触媒性能の比較をしてみようと考えた。

私たちは，多糖類としてデンプンを使い，「多糖類への親和性がより高い酵素の方が硫酸よりデンプンの加水分解の反応効率が良く，加水分解に適した触媒である」という仮説を立てた。ただし，濃硫酸は高温になると液が蒸発し実験が進まない可能性があった。また，酵素はタンパク質であるため，温度条件に限りがあることがわかっていた。そのため，１観点のみではなく，２つ以上の観点から比較することにした。具体的には，活性化エネルギー及びターンオーバー頻度により比較することで仮説を検証することにした。さらに，酸触媒の一種である固体酸触媒にも焦点をあて，デンプンを原料とするカーボン系固体酸触媒を自作しようと考えた。固体酸触媒の製作行程の一つにスルホ化があるが，原材料として発煙硫酸を用いる必要がある。しかし，発煙硫酸は高価である為より安価で高校の実験でも使用される濃硫酸を用いて，既存のものと同等の性能を示す触媒を作れないかと考えた。本研究では，酸触媒と酵素の触媒性能の比較及び既存のカーボン系固体酸触媒製作の改良法を検討していく。

２　実験方法

Ⅰ　触媒性能の比較

溶媒(酸触媒下では水，酵素下では酢酸緩衝液) 200mL にデンプンを溶かし，ホットスターラーで攪拌しながら一定の温度を保持した。その溶液に触媒を 5 mL 加え，10 分ごとにサンプルとして溶液を 2 mL 採取した。これを 60 分間行った。その後，取り出したサンプルを DNS 法にてグルコースを定量した。この方法で条件を変え，以下の実験を行った。

実験 a

3M 硫酸下の場合，　70～95℃ に液温を変化させた。また，グルコアミラーゼの場合，45~65℃に液温を変化させた。得られたデータより，活性化エネルギーを求めた。

実験 b

3M 硫酸下の場合，0.05～5g/L にデンプン濃度を変化させた。また，グルコアミラーゼの場合，　0.05 ～ 10g/L にデンプン濃度を変化させた。得られたデータより，ターンオーバー頻度（TOF）を求めた。ターンオーバー頻度とは，触媒 1 分子が単位時間当たりに行う物質変換量である。

Ⅱ　固体酸触媒の性能の比較と改良

炭素材料と塩基を 1：4 の割合で混合し電気炉にて 500℃，1h で活性化反応を行った。その後，濃硫酸を加え，90℃，1h 加熱し，スルホ化した。

実験 a

試料（ref:炭化デンプン，A:デンプン+Na_2CO_3，B:デンプン+K_2CO_3，C:炭化デンプン+Na_2CO_3，D:炭化デンプン+K_2CO_3）をガラスセルに封入，真空加熱（120℃，12 時間）し，活性炭に吸着した水やガス分子を全て取り除いた。その後，真空加熱後の試料重量を計測した。得られた試料で窒素吸着測定（-196.15℃, 12 時間程度）を行った。また，SEM（走査電子顕微鏡）を用いて炭素表面を観察した。

実験 b

水 4.6 mL，　触媒 1.0 g, デンプン 0.25 g をサンプル管に入れ, 全体が浸かるようにし，90 ℃で加熱した。 次に，サンプルを 0，1，　2，　5，　8，　9，10 h と数時間ごとに 0.2 mL 採取し, 純水 1 mL を加えた。その後，シリンジフィルターでろ過し，先ほどと同様に DNS 法でグルコースを定量した。

3　結果

実験 I-a

活性化エネルギーを比較すると，硫酸は Ea ： 9.32 kJ/mol，グルコアミラーゼは Ea（50℃）: 0.12 kJ/mol であり，酵素の方が活性化エネルギーは小さかった。（Fig.1，Fig.2）

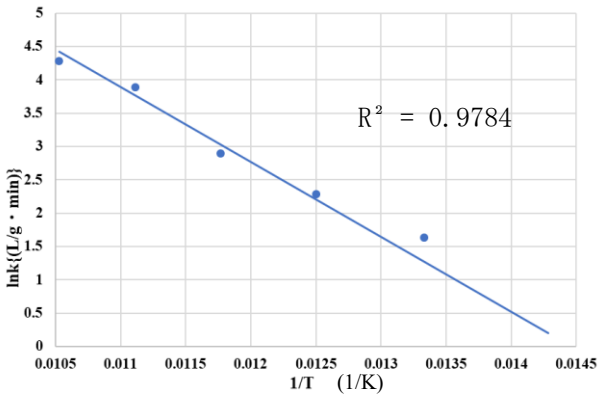


Fig.1　3M 硫酸のアレニウスプロット

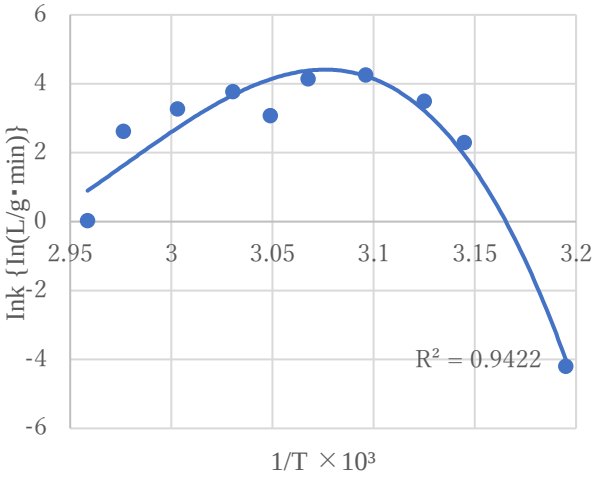


Fig.2　グルコアミラーゼのアレニウスプロット

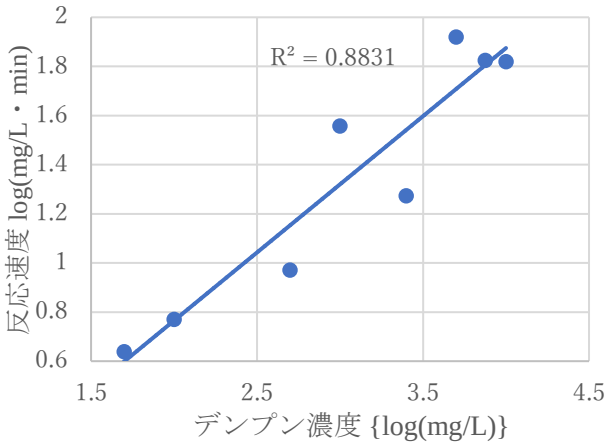


Fig.3　3M 硫酸のデンプン濃度の対数と反応初速度の対数の関係　（液温 90℃）

実験 I-b

ターンオーバー頻度（TOF）の比較をした

ところ，硫酸は，1.54 /min，グルコアミラーゼは，1.90×10^3 /min であり，グルコアミラーゼのほうがターンオーバー頻度は大きかった。（Fig.3，Fig.4）

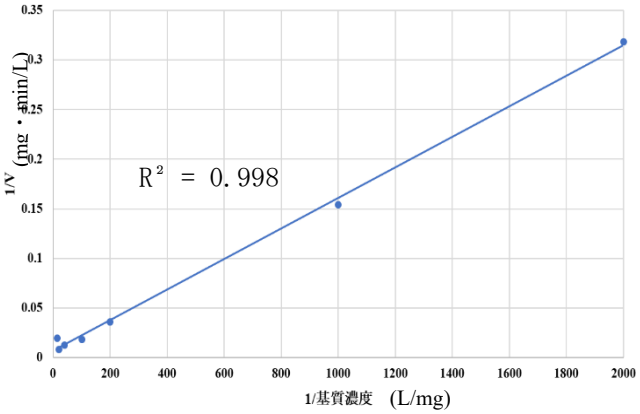


Fig.4　グルコアミラーゼのラインウィーバー-バークプロット（pH 5.5，液温 55℃）

実験Ⅱ-a

A, B, C について，相対圧が 0.9 以上で吸着量が増大している。これは，微小な活性炭構造物の間隔（空隙）が数十 nm 以上あることを示す。また，BET 比表面積，細孔容積ともに A が最も大きかった。しかし，一般的な活性炭の BET 比表面積と細孔容積は～1000 m^2/g，0.5 cm^3/g であり，今回測定した活性炭試料では，量値とも極めて小さい。これは，ミクロ孔の存在量が極めて小さいことに起因すると考えられる。（Fig.5，Table1）

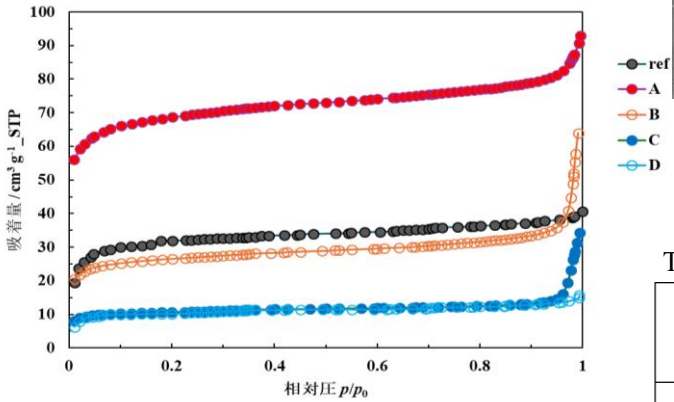


Fig.5　窒素吸脱着等温線

固体表面を比較すると C，D の表面は層状のグラファイトなどが重なったものが形成しているが，A，B は形成しておらず，形成が不完全であると考えられる。また，全ての表面で細孔を確認することはできなかった。（Fig.6～Fig.9）

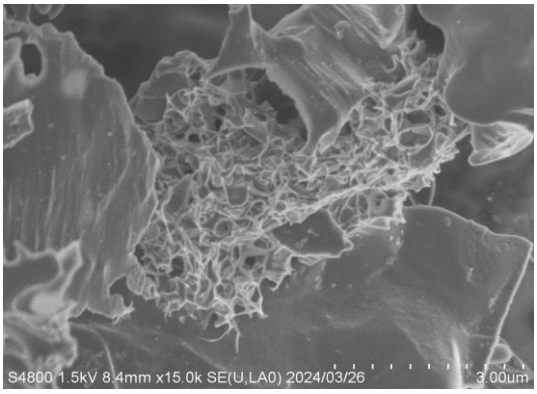


Fig.6　活性炭 A 表面の SEM 画像

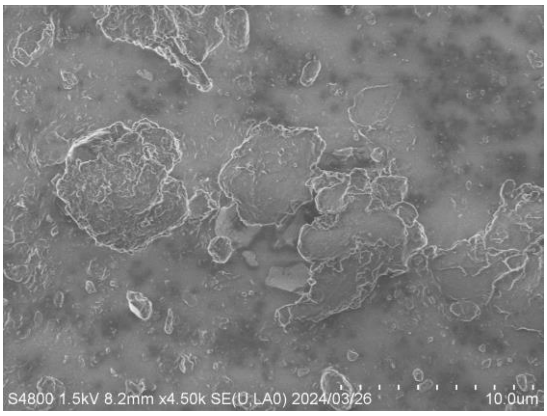


Fig.7　活性炭 B 表面の SEM 画像

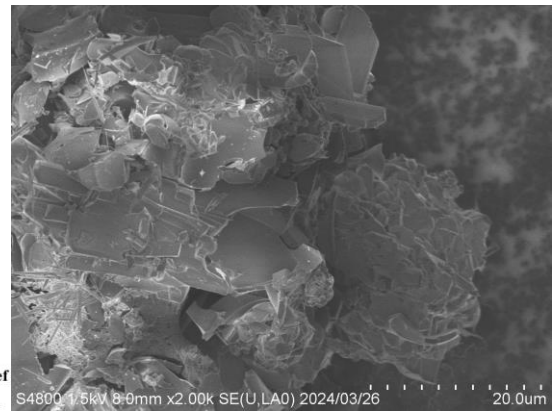


Fig.8　活性炭 C 表面の SEM 画像

Table 1 活性炭の BET 比表面積と細孔容積

試料	BET 比表面積 m^2/g	細孔容積 cm^3/g
ref	102	0.063
A	219	0.144
B	85	0.099
C	34	0.053
D	33	0.024

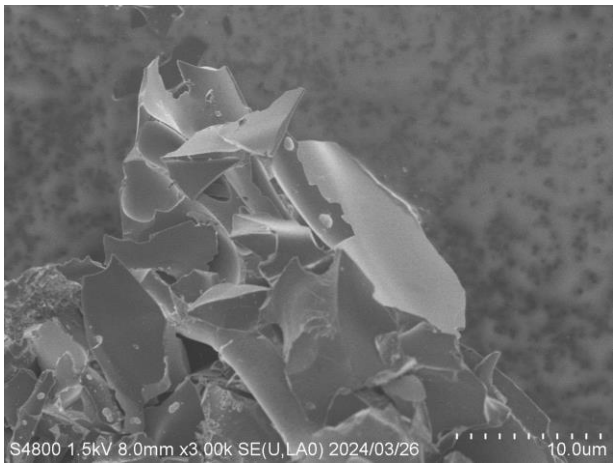


Fig.9　活性炭 D 表面の SEM 画像

実験Ⅱ-b

溶液のグルコース濃度の最大濃度や，最大濃度に達する時間を比較したところ，他触媒に比べ，A，B の最大グルコース濃度が，2500mg/L 以上と高く，最大濃度到達時間が 1～2 時間付近と速かった。(Fig.10)

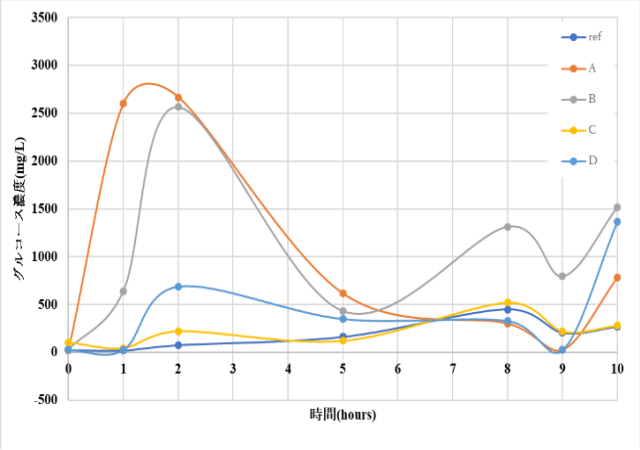


Fig.10　固体酸触媒の時間とグルコース濃度の関係

4　考察

実験 I-a，b

活性化エネルギーの観点では，酵素の方が適していると考えられる。ターンオーバー頻度の観点では，グルコアミラーゼの方が適していると考えられる。(Table 2)

Table 2 硫酸とグルコアミラーゼの触媒性能

	硫酸	グルコアミラーゼ
Ea（**kJ/mol**）	**9.32**	**0.12**
TOF（**/min**）	**1.54**	**1.90×10^{3}**

実験Ⅱ-b

A は BET 比表面積が ref より大きく，これによりデンプンの吸着量が増加し反応量が増加したと考えられる。しかし，B の BET 比表面積は ref より小さいにかかわらず，反応量が ref より高かった。また，細孔容積を比較すると A, B ともに ref より大きかった。このことより，反応量は BET 比表面積より細孔容積との相関が高いと考えられる。

5　まとめ

私たちは「酵素（有機触媒）の方が硫酸（無機触媒）よりデンプンの加水分解の反応効率が良く，加水分解に適した触媒である」という　仮説のもと，実験を進めた。その結果，活性化エネルギーの観点及びターンオーバー頻度の観点では酵素（有機触媒）が適していると考えられる。つまり，「デンプンなどの多糖類を効率よく加水分解する触媒は，酵素（有機触媒）である」という結果となった。ただし，考察でも述べたとおり，さらに実験回数を増やす必要がある。又，実験室スケールで固体酸触媒を作成することは可能であることは分かったが，炭化デンプンの製造過程などの観点などからさらなる改良法を検討したい。

6　謝辞

山口央教授をはじめとする茨城大学理学部の皆様にこの場を借りて厚く御礼を申し上げる。

7　参考文献

福井作蔵，還元糖の定量法

国立大学法人信州大学，DNS 法（JBA 改良法）

原　亨和.”でん粉利用に有用な新しい固体酸触媒”.独立行政法人農畜産業振興機構. 2011-9-9. https://www.alic.go.jp/johod/joho08_000101.html (2024-7-12)

安部郁夫.活性炭の製造方法. 炭素.2006 (225), 373-381, 2006.

電解質水溶液中のアミノ酸抽出量

工藤 大空　附田 育夢　石井 悠楽

Amino acid extraction amount in electrolyte solution

Sora KUDO, Ikumu TSUKUDA, Yura ISHII

Abstract

From previous research, we learned that the amount of amino acids extracted varies with water hardness, and we wanted to know what causes this difference. We hypothesized that the amount of amino acids extracted related to the valence of electrolyte contained in the solution. We created a calibration curve and examined the amount of each amino acids extracted using chlorides with different valence. As a result, the amount of amino acids extracted may be related to the valence of ion and whether it is a metal or non-metal ion.

１　はじめに

アミノ酸はたんぱく質を構成する物質であり，人間の体を構成するものとして私たちの健康に欠かせない。また，健康食や医療食，医薬品，化粧品，飼料，肥料など，日常生活の中で幅広い分野で活用されている。

その中で私たちは，うまみ成分としてのアミノ酸に注目した。先行研究から，硬水中ではだしから抽出できるアミノ酸の量が変化することを知り，その抽出量の違いが何によって生じるのか知りたいと考えた。[2]効率の良いアミノ酸の抽出方法を知るために，本研究ではイオンの価数に着目して，アミノ酸の抽出量との関係について実験を行った。

２　実験１　検量線の作成[3] [4]

Ⅰ　原理

アミノ酸の定量にはニンヒドリン反応を用いた。ニンヒドリン反応とは，アミノ酸のアミノ基とニンヒドリン２分子が結合し，ルーヘマン紫が生成され，紫色に呈色する反応である。アミノ基と生成されるルーヘマン紫に含まれる窒素の比が１：１となるためアミノ酸の定量を行うことができる。(Fig.1) ルーヘマン紫はアミノ酸の濃度が大きくなるほど濃い紫色に発色する。(Fig.2)

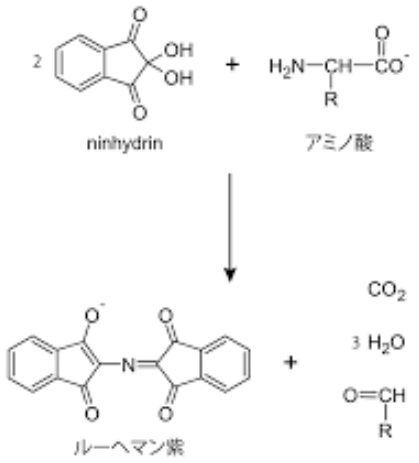


Fig.1　Ninhydrin reaction[1]

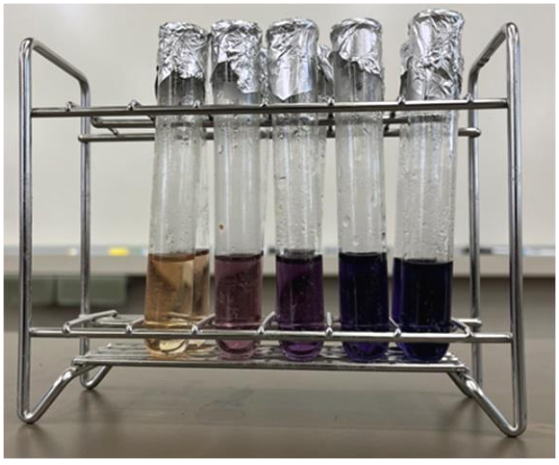


Fig.2　Color change after reaction

反応後，変色した溶液に 570 nm の光を入射し透過光を検出する。(Fig. 3) 入射前の光の強度を I_0，透過後の光の強度を I とすると，吸光度を求めることができる。(Fig. 4) ランベルト・ベールの法則により，希薄溶液中では吸光度 A は溶液の濃度 C と対称の厚さ L に比例する。濃度既知のアミノ酸を使って検量線を作成し，鰹節から抽出した水溶液の吸光度を測定することで濃度を求めることができる。

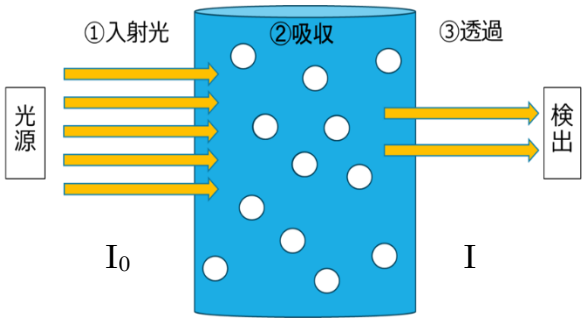


Fig.3　Absorbance Mechanism

$$A = -\log\frac{I}{I_0} = \varepsilon CL$$

Fig.4　Lambert–Beer law

Ⅱ　方法

1　1.0 mol/L 酢酸・酢酸ナトリウム緩衝液にニンヒドリン 1.5 g とフルクトース 2.0 g を溶解させ 100 mL とし，反応液を作成する。

2　グリシン 0.40 g を水に溶解させ 100 mL の溶液とし，水で 100 倍に希釈し，40 g/L 標準液を作成する。

3　5 本の試験官全てに反応液 2.0 mL を入れ，それぞれグリシン濃度が 0，3.0，5.0，10，15 mg/L となるよう標準液と水を加えて液量を 4.0 mL にする。

4　試験官にアルミホイルでふたをして，十分に攪拌した後，85～90 度の水中で 13 分間加熱する。

5　常温で 10～20 分放置してから，570 nm の吸光度を測定し，検量線を作成した。

Ⅲ　結果

5 本の検量線を作成し，相関係数 0.995 以上を信頼できる値として評価した。それぞれの実験では，精度の高い検量線を作成することができたが，検量線ごとに各濃度の吸光度に差がみられ，全てのデータを平均すると精度が落ちてしまった。

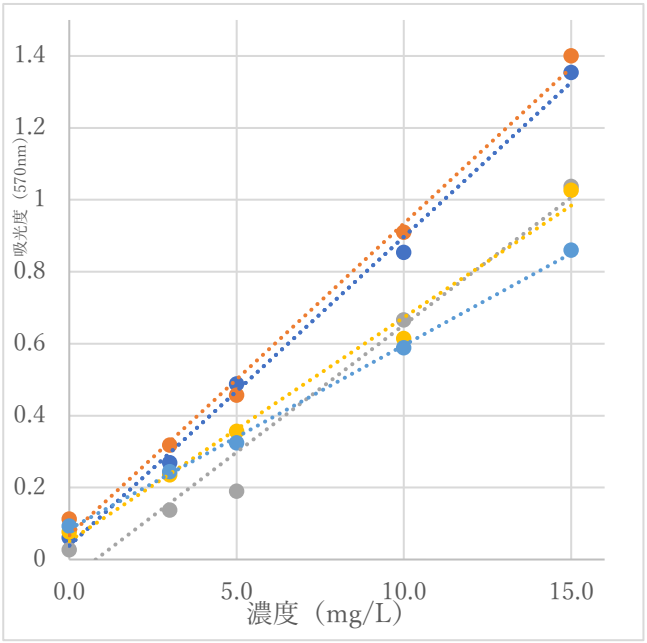


Fig.5　The result of calibration curve

Table.1　Correlation coefficient

データ番号	相関係数	0.995との差	評価
1	0.9993	+0.0430	◎
2	0.9980	+0.0030	○
3	0.9973	+0.0023	○
4	0.9946	-0.0004	○
5	0.9861	-0.0089	△
※平均	0.9489	-0.0461	—

※相関係数の平均ではなく，5 つのデータを 1 つのデータとみなしたもの

Ⅳ　考察

データに差が出た要因としては，湯煎する際の試験管の加熱の度合いに差が出たことや，試験管の密閉が不十分だったこと，駒込ピペットを使用したため溶液を正確に測定できていなかったことが考えられる。

3　実験２ 塩化物による抽出

Ⅰ　方法

実験１で作成した検量線をもとに，価数の異なる塩化物による抽出量の違いを調べた。

検量線作成の際には，溶液の測定に駒込ピペットを使用したが，誤差を小さくするためにマイクロピペットを使用した。

1　濃度が 0.50 g/L となるようにそれぞれの塩化物を溶解させ，10 mL の溶液を作成する。使用した塩化物を以下に示す。
- 塩化リチウム（$LiCl_2$）
- 塩化コバルト（$CoCl_2$）
- 塩化ストロンチウム（$SrCl_2$）
- 塩化鉄（$FeCl_3$）
- 塩化アンモニウム（NH_4Cl）

2　鰹節 0.20 g をはかり，溶液に入れる。

3　85～90 度の水中で試験管を 5 分間加熱し，抽出液を 100 倍希釈する。

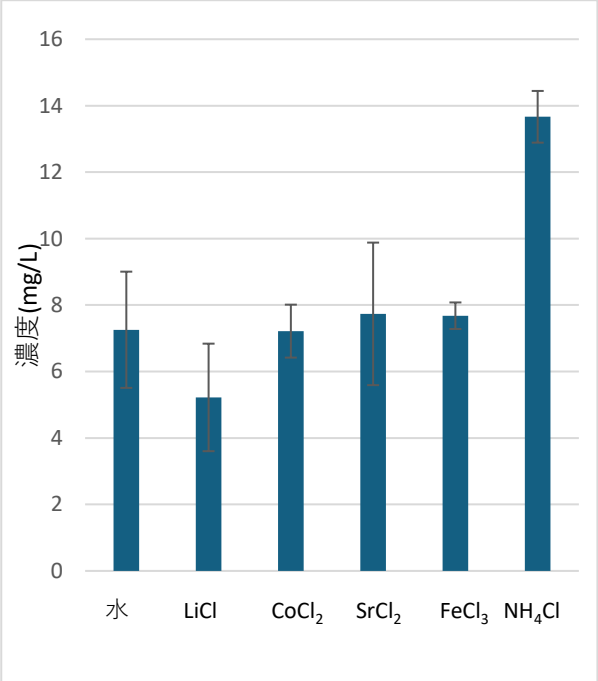
4　ニンヒドリン反応を行い，吸光度を計測し，濃度を求める。

Ⅱ　結果

塩化リチウムは水よりも抽出量が少なく，２価と３価では抽出量にほとんど変化はみられなかった。また，塩化アンモニウムによる抽出量が最も多かった。

Table.2　Average absorbance of each substance

物質	吸光度平均
H_2O	0.4554
$LiCl_2$	0.3514
$CoCl_2$	0.4530
SrCl2	0.4800
$FeCl_3$	0.4770
NH_4Cl	0.7830



Feg.6　Average extraction amount

Ⅲ　考察

塩化リチウムによる抽出量は水と比べて少なかったことから，１価の金属イオンはアミノ酸の抽出を阻害する可能性があると考えられる。

２価と３価では抽出量にほとんど差がみられなかったことから，反応系がすでに陽イオンが十分に供給されておりこれ以上変化が観察されなかったと考えられる。

また，塩化アンモニウムによる抽出量が突出して最も多かったことから，金属イオンと非金属イオンで差が生じることや，多原子であることなどが影響を与えるのではないかと考えられる。

実験の結果から，アミノ酸の抽出量はイオンの価数や，金属イオンであるか，非金属イオンであるかと関係があると考えられる。しかし，今回の実験では使用した塩化物の種類が少なかったため，より多くの塩化物で実験を行い，抽出量との関係について調べる必要がある。特に３価は塩化鉄のみで実験を行ったため，他の３価の塩化物との比較や，１価，２価との抽出量の違いを調べる必要がある。

４　まとめ・今後の展望

本研究では効率の良いアミノ酸の抽出方法について実験を行い，アミノ酸の抽出量はイオンの価数や金属イオンであるかと関係があることが分かった。今回は使用した塩化物の種類が少なかったため，今後はより多くの種類の塩化物を使用して，それぞれの価数における抽出量について詳しく調べていく必要がある。

実際に１価の金属イオンに抽出を阻害する働きがあるか、塩化リチウム以外の物で実験を行って調べていきたい。また，塩化アンモニウムによる抽出量が突出した要因を調べるために，ほかの非金属イオンや多原子イオンとの比較を行いたい。加えて，硝酸塩や硫酸塩などの塩化物以外の物質ではどのように変化するのか，だしの抽出の際に，かつおぶし以外に昆布などを使用して抽出量に変化があるかを調べていきたい。

また，検量線の作成において，蒸発量の管理や，十分に密閉をし，データのばらつきとの関係を調べ，より精度の高いものを作成できるようにしていきたい。

５　謝辞

本研究を行うにあたりチューターの方をはじめとして，浦和第一女子高校の先生など，多くの方々にご助言をいただいた。また，課題研究発表会の際にも，大学教授の方々に多くのご意見をいただいた。この場を借りて厚く御礼を申し上げる。

６　参照

Ⅰ引用文献

1)数学と理科の資料集. ニンヒドリン反応の利用法と反応機構. 05/08/2023
https://sci-pursuit.com/chem/organic/nynhydrin-reaction.html

Ⅱ参考文献

2)硬水によるだしのアミノ酸抽出量について. 浦和第一女子高校. (2023-5-15)

3)釜谷 美則. 吸光光度法. 04/11/2008 17:20:52. (2023-10-18)
https://www.jsac.or.jp/bunseki/pdf/bunseki2008/200804nyuumon.pdf

4)定量分析 単回帰分析編.02/02/2024 10:16:32. (2024-1-15)
https://www.perkinelmer.co.jp/tabid/2352/Default.aspx

場合の数と確率における挫折の分析と考察

井上 陽貴　金沢 拓翔　川那子 大雅　津久井 太陽　山形 聡太

Analysis and consideration of difficulties with probability problems

Haruki INOUE, Takuto KANAZAWA, Taiga KAWANAGO, Taiyo TSUKUI, Sota YAMAGATA

Abstract

The Japanese government is trying to increase the proportions of students who major in science studies from 35% in 2020 to 50% until 2032.We wondered why the number of science students is less than that of liberal arts students. It seems the difficulties of probability problems in math, so, we tried to find causes that people have a hard time solving them and advocate how to solve them easily. We had people work out problems added inductions in order to prove the effect of them. As a result, though we failed to verify them, we succeeded in determining the cause. Reading sentences of probability problems carefully is the most important way to prevent misses.

１　はじめに

政府は 2032 年までに理系分野を専攻とする大学生の割合を，約 35%（2020 年次）から 50%までに増加させる目標を掲げている。政府としては目標達成に向けて，大学側へ理系学部設置補助を目的とした資金援助を行うなどしている。一方で文系選択の理由に“理系科目が苦手だったから”が多く挙げられるなど，資金や研究所の不足といった面に加えて勉強のつまずきに理系学生の少なさの原因があると考えられる。

私たちは，多くの学校が一年次の文理選択前に学習を行う数学の単元に注目した。

本研究は数学ＩＡにおいて，つまずきが多く感じられる単元の特定とその単元のつまずきに対しての解消法の提案を行うことにより，政府の目標達成の助けとなることを目的として行った。

２　実験方法

Ⅰ　アンケート１

令和 5 年度緑岡高校 1，2 年生を対象にアンケートを実施した。

質問内容は，『数学ＩＡに含まれる次の単元のうち，最も難しいと考えられる単元を一つ選んでください。』として，以下の単元を選択肢として設定した。（単元名は, 本校生徒使用の教科書から引用）

・数と式　・集合と命題
・二次関数　・図形と計量
・データの分析　・場合の数と確率
・図形の性質

加えて，検定への利用を目的として『数学は好きですか。』や『数学は得意ですか。』といった質問も実施。また, 回答結果をカイ二乗検定を用いて検定した。

Ⅱ　アンケート２

令和 5 年度緑岡高校 1，2 年生を対象にアンケートを実施。質問内容は，『数学Ａ「場合の数と確率」において苦手と感じるものを選んでください。』選択肢は次の 11 項目とした。（複数選択可）

・順列，円順列
・組合せ　・同じものを含む順列
・独立な試行の確率　・反復試行の確率
・条件付き確率　・期待値
・排反事象の確率

・順列と組合せの使い方
・問題文の読み取りと立式

Ⅲ　実験

Ⅱで実施したアンケートをもとに確率の問題を作成（灘高校入試から抜粋の後，改題）し，解答を得る。誘導の設定による正答率の変化の検証を目的に，一つの問題を基準として問題を 3 パターン作成した。令和 6 年度緑岡高校 2，3 年生を対象に解答を集めた。内容は以下のとおりである。

【パターン 1】

「1 個のサイコロを 3 回続けて振り，出た目の数を順に a，b，c とする。」

（1）（ab-12）（bc-12）（ca-12）＝0 となる確率を求めよ。

（2）（ab-4）（bc-4）（ca-4）＝0 となる確率を求めよ。

【パターン 2】

パターン 1 の問題に，以下の 2 つの問題を追加した。

（A）ab＝10 となる確率を求めよ。

（B）（ab-10）（bc-10）（ca-10）＝0 となる確率を求めよ。

【パターン 3】

パターン 1 の問題にベン図を追加した。

3　アンケート 1 の結果と考察

Ⅰ　結果

319 人が回答。アンケート 1 の結果を Table1 に示す。

Table1 the result of the questionnaire 1

実効値	得意	苦手	合計
数と式	3	2	5
集合と命題	10	7	17
2 次関数	25	46	71
図形と計量	6	30	36
データと分析	12	11	23
場合の数と確率	45	55	100
図形の性質	27	40	67
合計	128	191	319

Ⅱ　考察

「場合の数と確率」が最も多かった。

また，7 つの単元についてカイ二乗検定を行った結果，単元間の人数差が有意であった。（$X^2(6)=14.6354$，$p<0.5$）。

カイ二乗検定の結果，「単元間に人数差がない」とした仮説を棄却でき，アンケート 1 の結果は偶然のものでないと分かった。

以上よりつまずきが多く感じられる単元を「場合の数と確率」と特定した。

4　アンケート 2 の結果と考察

Ⅰ　結果

190 人が回答，580 票が集まった。アンケートの結果を Fig1 に示す。

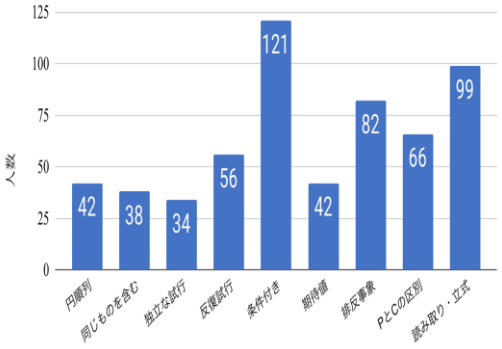


Fig1. the result of the questionnaire2

「条件付き確率」を苦手とする人が最も多く，次に「読み取りと立式」が多かった。

Ⅱ　考察

複数回答者の中で「条件付き確率」と「読み取りと立式」を両方とも回答した割合が 50%を超えたことから，「条件付き確率」と「問題文の読み取り」のつまずきには強い関係があると考えられる。

５　実験の結果と考察

Ⅰ　結果

186 人が回答。Table2 に正答者，Table3 に誤答者の原因別の割合をパターンごとに示す。（パターンごとに回答者数にずれがあるため合計人数以外の数値の単位は%で示す。）

Table2 the result of the question of the success

正解	パターン1	パターン2	パターン3
(B)(1)(2)		3.4	
(B)のみ		1.7	
(1)(2)	4.8	0	4.6
(1)のみ	8.1	1.7	6.2
(2)のみ	1.6	0	0
計（%）	14.5	6.8	10.8
計（人）	9	4	7

Table3 the result of the question of the mistakes

不正解	パターン1	パターン2	パターン3
サイコロ2回	22.6	39.0	24.6
通り数ミス	24.2	15.3	20.0
事象ミス	11.3	18.6	7.7
重複なし	9.7	13.6	15.4
展開	8.1	0	1.5
重複のみ	1.6	0	4.6
不明	8.1	6.8	15.4
計（%）	85.5	93.2	89.2
計（人）	53	55	58

Table3 の誤答の原因についての説明

サイコロ 2 回：サイコロを 3 回振る問題であるが，2 回しか考慮していないという間違い

通り数ミス：通り数を数え間違えている

事象ミス：根本的な事象を間違えている

重複なし：重複を考えていない

展開：問題の数式を展開してしまっている

重複のみ：重複している通り数しか求めていない

不明：解答なし及び私たちが読み取ることができなかった解答

Ⅱ　考察

どのパターンも正答率が低かったため，誘導の設定による正答率の変化を考察することができなかった。正答率の変化の考察が出来なかった理由に，誘導の効果が想定以上に低かったことが考えられる。今回出題した問題に加えて，それぞれのパターンの問題について，数式で書かれた問題文を分かりやすい文章に直して解答の方針をより立てやすくしたものをパターン４，５，６として出題するべきであったと思われる。

パターンごとの誤答原因に注目すると，本問題はサイコロを 3 回振る試行であるが，2 回振る試行と誤解し，解答を終わりにする以下のようなものが多かったため，問題文の読み取りを苦手とする人が多いと考えられる。

（１）(ab-10) (bc-10) (ca-10)=0
ab bc ca のいずれかが 10
ab=10 のとき 1/18
同様に
bc=10 のとき 1/18
ca=10 のとき 1/18
よって 3/18=1/6

ab=10 のときを考えるとすると，上の答案では c に当てはまる目について考えていない。ab=10 にも，c＝1・2・3・4・5・6 の場合に分けて考える必要がある。bc=10 ，ca=10 の場合も同様のことが言える。以上から上の答案では，「ab しか考えていない」と判断することができる。

６　まとめ

つまずきが多く感じられた単元に「場合の数と確率」が挙げられた。

また，本研究で用いた「場合の数と確率」の問題に対する誘導には，つまずきを解消する効果が望めなかったため，誘導をより明確にして，再検証していく必要がある。

現状，問題文を注意深く読んでいくことが何より大切である。

７　今後の展望

図や簡単な問題を挿入するだけでなく，数式を文字に書き直し，問題文の読み取りをより容易にすることで誘導の効果を見る。

８　謝辞

研究を進めるにあたってアンケートや問題の回答にご協力いただいた緑岡高校生徒の皆様に感謝申し上げる。

９　参考文献

中村好則. 2016. 高校における数学学習のつまずきと支援に関する研究. 57 巻. 1-2 号. p. 39-50

白井精一郎. 2018. 確率の問題（７）［灘高］-東久留米学習塾　塾長ブログ.

ゲーム開発におけるゲーム性による一般性の変化

木下 友佑　倉品 怜旺　鈴木 博紀　關 柾信

Generality changes with playability in game development

Yusuke KINOSHITA, Reo KURASHINA, Hiroki SUZUKI, Masanobu SEKI

Abstract

Decades ago, shooting was one of the major kinds of video games and its risk and return (playability) were high. However, it become low. According to Masahiro Sakurai, a famous game creator, said that when playability become high, generality become low. We doubted it because there are some exceptions. Therefore, we decided to investigate relationships between generality and playability. First, we made two types of shooting game which had a difference in playability: one was high and the other was low. Second, we took a survey about game's difficulty and player's feelings. As a result, we found that when playability became high, generality became low and difficulty became high. However, we cannot find a relationship between difficulty which each individual feels and their feeling.

1　はじめに

シューティングゲームは，テレビゲームが一般的な娯楽として認知され始めた初期の頃からメジャーなジャンルの一つであった。

当時は，2D（二次元）作品が主流であり，敵キャラクターと自機との距離が近いほど被弾リスクと与えられるダメージ量が上がり，離れるほど減少するといったリスク・リターンの変化や，戦術の発見といった醍醐味があることが特徴であった。

しかし，現代のシューティングゲームでは技術の進歩に伴い，FPS（ファーストパーソン・シューティングゲーム）などの 3D（三次元）作品が主流に変わり，グラフィックを向上させるなどの工夫が施されたものが人気を博し，増加傾向にある。

その一方で，リスク・リターンの変化が顕著な作品は減少傾向にあるように感じられる。

著名なゲームクリエイターである桜井政博氏は，一般にゲーム性が上がると，反対に一般性が下がり，初心者には気軽にプレイすることのできないゲームになってしまうと述べている。

これが事実であるなら，商業用ゲームにおいては，多くのプレイヤーにゲームを購入してもらう必要があるため，ゲーム性の高いものが減少していくことは必然であるのかもしれない。

しかしながら，攻略難易度が高いからこそ面白いと感じ，ゲームに没頭できるというプレイヤーもおり，実際にゲーム性が高い作品であっても多くの人から遊ばれるものも数多く存在する。

そのため，ゲーム性が高いからといって一般性が下がってしまうとは一概には言えないのではないかと疑問に思った。

また，そのことが言える場合，どの程度相関関係があるのかということも調べたいと思い，この 2 点を調べるため，本研究を始めた。

※ 研究において必要なゲーム性と一般性の定義として，ゲーム性は桜井氏が定義した「リスク・リターンの駆け引きの程度」をそのままお借りし，一般性は言葉の意味をゲームという具体例に置き換えて，「より多くの人が魅力を感じ楽しめるか」とする。

２　研究方法

既に発売されている作品を用いて調査を行っても，作品に対する個人の主観や作品固有の要素によって対照実験を行うことができないと考えたため，自作のシューティングゲームを用いて調査を行うこととした。

ゲーム性に関わる要素以外をほぼ同じにした 2 パターンのゲームを制作し，両方で同じ質問のアンケートを行って統計を取った。

制作時間とメンバーの技術的な観点を考慮した結果，作業量の比較的少ないレトロ風でドットの粗い 2D シューティングゲームを，Unity というゲームエンジンを使用して制作した。

プログラムに関しては，書籍やインターネット等を用いて調べたほか，生成 AI の「Chat GPT」も使用しながら制作を行った。

アンケートをとる際により多くの人が気軽に遊べるようにするべきだと考えたため，PC 版完成後にスマートフォンでもウェブサイトからプレイができるよう，プログラムを追加，修正した。

３　制作方針

2 種類のゲームを制作する上で，ゲーム性の差をつけること，またゲーム性に差が出るような動きをしてもらうことを意識して考案した。

なお，表中の【TYPE1】,【TYPE2】の表記は，ゲーム内での表記である。

Table.1　Strategic production policy

	【TYPE1】 駆け引き大	【TYPE2】 駆け引き小
近距離	リターン極大 リスク大	リターン中 リスク極大
遠距離	リターン小 リスク大	リターン中 リスク小
コンセプト	危険だが，敵に近づくほうがかえってクリアしやすい	敵から離れていてもよく，近づくメリットがない
想定する動き	危険を冒して近距離で戦う	リスクを避けて離れて戦う

ここでのリターンとは，敵の撃破による被弾リスクの減少を想定している。

その他，想定する動きやゲームバランスなどを考慮して，移動速度や敵の HP など数値の細かな変更を施した。

４　プログラム内容

Ⅰ　BGM と効果音

ゲームにおいて，BGM と効果音はゲームの雰囲気やプレイ体験を向上させるために必要不可欠な要素である。

BGM はフリー音源を使用したほか，クラスメイトに制作を依頼し，効果音はフリー素材をお借りした。

Ⅱ　当たり判定

OnTriggerStay2D メソッドと Rigidbody2D, Collier2D という当たり判定に関する機能（コンポーネント）を用いて，当たり判定同士が重なったときに消滅やダメージ判定，無敵判定といった処理をしている。

その際レイヤーを用いて自爆などの不具合が起こらないようにした。

Ⅲ　無敵判定とその表示

自機が被弾したときには，一定時間ダメージを受けない無敵状態になる。これは，true と false の 2 つの状態を切り替えられる「フラグ」と，タイマーを組み合わせて作った。

無敵状態時は自機を赤色にし，0～1 の値をとる透明度を $f(x)=|\sin x|$ の値と連動させて，自機が赤い点滅をするような挙動にした。

Ⅳ　UI

HP ゲージの画像は，自機の HP 変数の値（HP の残量）に応じて切り替えている。別のオブジェクトの変数を取得する際には find メソッドを用いている。

Ⅴ　スマホ版用に追加した要素

移動では，タップしたところの現時点で

のローカル座標と 1 フレーム前のローカル座標を比較して二次元ベクトルを計算し，その方向に自機を動かす，という処理をした。

UI では，ボタンが必要になったため，Input.GetButtonDown というボタンが押されたときに反応するメソッドを用いた。

5　調査内容

難易度とゲーム性には密接な関係があると考えたため，難易度についても重点的に調べることにした。

それも踏まえて，次の 3 つの項目を調べることを重視して質問を考えた。

ア．２つのゲーム間にゲーム性の差があるのか
イ．ゲーム性が上がると難易度も上がるのか
ウ．ゲーム性が上がると一般性が下がるのか

【アンケート内容とその理由】

Ⅰ　ア，イについての質問

① ２Ｄシューティングゲームのプレイ頻度

今回使用したものと同ジャンルのゲームへの慣れによって，難易度の感じ方や感情に影響が出る可能性があるため。

Ⅱ　イについての質問

② プレイヤーが感じた難易度

難易度の感じ方に違いあった場合，それぞれのゲームで難易度の違いがあるとみなせるため。

③ クリアまでにかかった回数

回数が異なった場合，それぞれのゲームで難易度の違いがあるとみなせるため，難易度の指標の一部にできると考えた。

Ⅲ　アについての質問

④ プレイヤーのとった戦術

戦術の偏りによって，こちらの想定した動きをプレイヤーが行ったかを確認できるため。

Ⅳ　ウについての質問

⑤ プレイをして得た感情

楽しいと感じる場合，プレイヤーにとって魅力的，不快だと感じる場合はプレイヤーにとって魅力的ではなかったとみなせるため。

⑥ 繰り返しプレイをしたくなったか

繰り返しプレイしたいと思う数が多い場合，このゲームがプレイヤーにとって魅力的であるとみなせるため。

6　結果

Fig.2，5，6，7 については，内側が【TYPE1】（駆け引き大），外側が【TYPE2】（駆け引き小）のものである。

Ⅰ　プレイ頻度

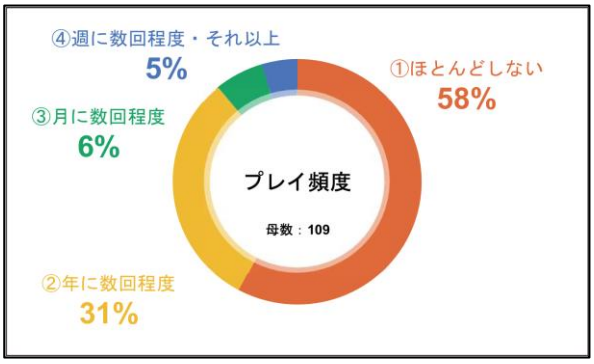


Fig.1　Results for frequency of play

結果から，ほとんどプレイをしないという人がほとんどを占めていた。

なお，頻繁にプレイしているからといって，少数派の回答をするといった傾向は見られなかった。

Ⅱ　難易度の感じ方

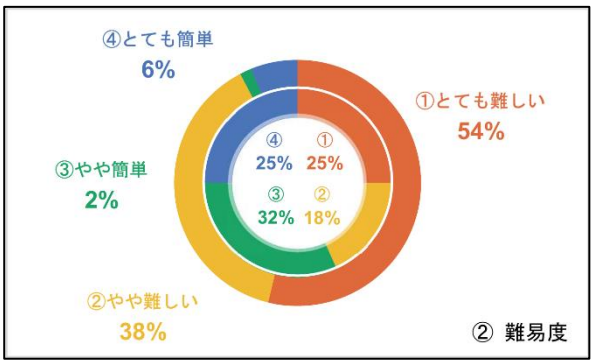


Fig.2　Results for Perceived Difficulty

結果から，駆け引き大のほうが難易度の高いものと感じられている傾向がある。

ゲーム性が上がるとリスクが上がり，被弾しやすくなるため，**「ゲーム性を上げると難易度が上がる」と言えそうである。… ①**

Ⅲ　クリアまでにかかった回数

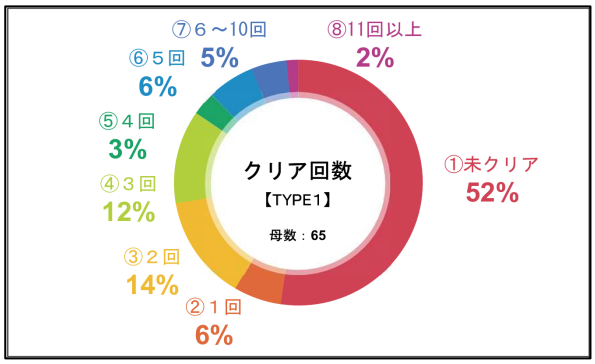


Fig.3　【TYPE1】Results for number of clearings

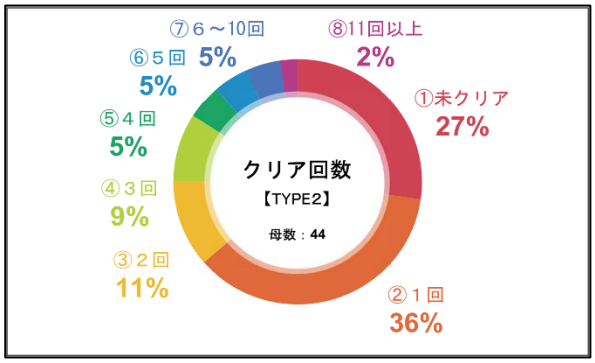


Fig.4　【TYPE2】Results for number of clearings

結果から，駆け引き大のほうが未クリアの割合が大きく，クリアまでの回数が多い。

これを見ても**「ゲーム性を上げると難易度が上がる」と言えそうである。　… ②**

Ⅳ　プレイヤーのとった戦術

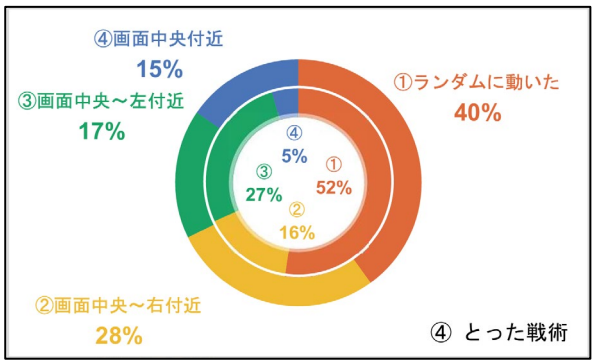


Fig.5　Results for tactics taken

こちらが想定したやり方が多少は反映された結果となっているが，半数近くの人はランダムに動いていると回答しているため，**ゲーム性の違いがあることを確証づける結果とは言えないだろう。　… ③**

以上のⅡ，Ⅲ，Ⅳが，難易度とゲーム性の関係を示す指標となる。

Ⅴ　プレイしての感じ方（感情）

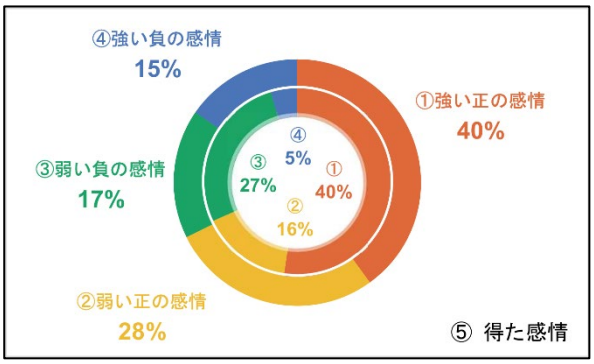


Fig.6　Results about the emotions obtained

結果から，駆け引き大のほうが負の感情を抱きやすい傾向がある。

つまり，**「ゲーム性が高いと一般性が下がる」と言えそうである。　… ④**

Ⅵ　繰り返しプレイしたくなったか

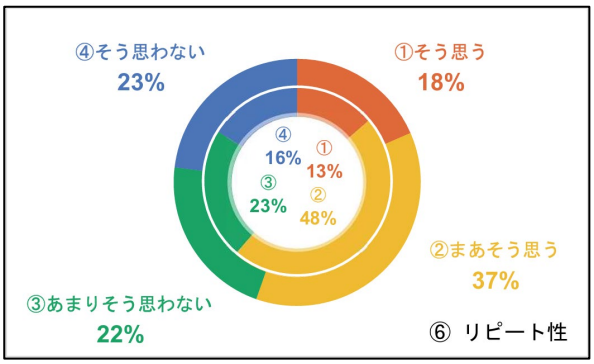


Fig.7　Results for Repeatability

結果から，ゲーム性の高い方が繰り返しプレイしたいと思った人がやや少ないように見える。ここから，**「ゲーム性が高いと一般性が下がる」と言えそうである。　… ⑤**

以上のⅤ，Ⅵが，ゲーム性と一般性の関係を

す指標となる。

Ⅶ　相関関係

【TYPE1】,【TYPE2】において，個人が感じた難易度と得た感情を散布図に表すと，それぞれ下の Fig.8，Fig.9 のようになる。

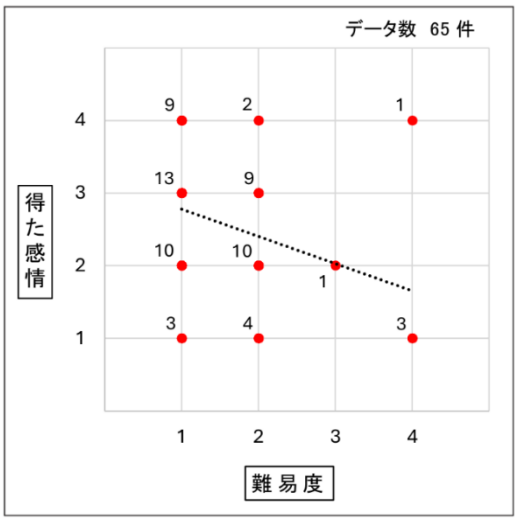


Fig.8　【TYPE1】Scatter diagram

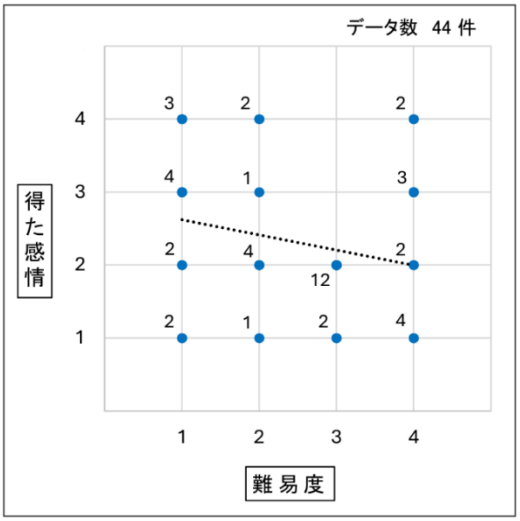


Fig.9　【TYPE2】Scatter diagram

縦軸及び横軸の 1～4 はアンケートにおける回答番号，点左上（左下）の数字は該当するデータ数，黒点線は回帰直線を表している。

感じた難易度が高いからといって負の感情を抱くとはあまり言えないようだ。　… ⑥

7　有意性の確認

6 で示した①～⑤の内容が有意性を持つものであるかを確認する。

今回は，各質問を中央と思われる地点で 2 つに分けて有意性があるか判断する。

その際，駆け引き小のデータ分布を母集団の確率分布として，駆け引き大のデータの分布になる確率を，データ数 65(件)を多いとみて二項分布を用いた仮説検定の両側検定を用いて考える。有意水準は，一般的にとることが多いとされる 5%とした。

※Z＝(その部分の度数－期待値) / 標準偏差

としたときに，$Z \geqq 1.96$ または $Z \leqq -1.96$ である場合，有意性があると判断する。

Ⅰ　ゲーム性に関する項目

ア　① Z≒　7.99　で有意性あり

イ　② Z≒ −4.14　で有意性あり

Ⅱ　一般性に関する項目

ア　④ Z≒ −3.12　で有意性あり

イ　⑤ Z≒ −0.98　で有意性なし

クリアまでにかかった回数は，1～5 回かそうでないかで分けた。

Ⅲ　③に関するゲーム性に差があるのかについての考察

どちらのゲームでもランダムに動いている人が半分近くおり，その集団はゲーム性に関係なくその動きをとっていた可能性が高いと言え，母集団に含めないのが望ましい。

しかし，その集団を集計から抜くと標本数が少なくなってしまい，二項分布での仮説検定ができなくなってしまう。

そのため，仮説検定でゲーム性の違いが出ていることは示せないが，そもそもゲーム性の違いが出るように二つのゲームを作ったため，ゲーム性には違いがあるとして考察を進める。

8　考察

ここまでの結果から，

⑦ ゲーム性が高くなると難易度が上がる

⑧ ゲーム性が上がると一般性が下がる

の 2 つのことが言える。

よって，はじめに示した疑問について，ゲーム性が上がると一般性が下がるというのは正しいと結論づけられる。

ここで，⑦と⑧の間には，ゲーム性が上がると一般性が下がることについて，**「ゲーム性が上がるとそれに伴って難易度が上がり，初心者には難しく楽しめないゲームとなってしまい，一般性が下がる」という順序があるのではないかと考えた。**

しかし，「ゲーム性が高くなると難易度が上がる」ということは言えるが，「難易度が上がると一般性が下がる」ということは立証できない。

ただ，**難易度が上がれば楽しく遊べる人が少なくなってしまうことは，必然であるように感じられる。　… ⑨**

そこで，その立証としてそれぞれのゲームで個人が感じた難易度と感情についてのグラフを見ると，⑥で述べた通りあまり強い相関がみられない。よって，⑨は正しいとは言えず，仮説の「難易度が上がると一般性が下がる」ことは立証できなかった。

立証できなかった原因として，そもそも仮説が間違っていたことの他に，母数が少ないことや，感情が一般性に関わるという考えが間違っていたこと，実際には 2 つのゲーム間にゲーム性がなかったことなどが考えられる。

また，ゲーム性の上昇と一般性の低下について数値として算出することを試みたが，ゲーム性も一般性も客観的な数値として算出する指標がない以上，数値化が困難と考えたため，断念した。

9　まとめ

ゲーム性が上がると難易度は上昇し，一般性は下がるといえる。

しかし，一般性が下がるのは難易度が上がるからではないかという仮説の正しさを立証することはできなかった。

10　今後の展望

今回は，ゲーム性のみが難易度の感じ方や実際の難易度，一般性に影響を与え，リピート性とプレイしての感情のみが一般性の指標になると仮定して調査を行った。しかし，実際にはゲーム性を上げる際に他の様々な要素に影響を及ぼしているため，その点を無視している分，今回の結果は信憑性に欠けているであろう。

今後はもっと多角的な視点から指標を設定していきたい。

11　参考文献・使用させていただいたサイト

北村愛実. Unity の教科書 Unity2022 完全対応版. SB クリエイティブ. 2022. 455p.

タニスゲームス.“Unity でダメージを受けたら点滅させ一定時間無敵にする”. 2022-03-07. https://tanisugames.com/muteki-player/_.（参照 2024-04-30）

桜井政博のゲーム作るには.“シューティングゲームのゲーム性 【ゲーム性】”. 2023-08-04. https://youtu.be/NgiB9ysjQFw?si=UexNS_kfjhpIfq4d.

桜井政博のゲーム作るには.“リスクとリターン 【ゲーム性】”. 2022-08-29. https://youtu.be/cTSMohV3TgQ?si=4M-Il33QWYklrE-K.

効果音ラボ - フリー，商用無料，報告不用の効果音素材をダウンロード. https://soundeffect-lab r .info/

10 秒 BGM | 無料 BGM・効果音のフリー音源素材 | Springin’ Sound Stock. https://www.springin.org/sound-stock/category/bgm-short/

〇 制作したゲームは，こちらから遊ぶことができます

こちらからゲームを
プレイできます。

カビは世界を救う

菊池 のどか　佐藤 悠悟　益子 陽晃

Mold saves the world

Nodoka KIKUCHI, Yugo SATO, Haruaki MASHIKO

Abstract

Did you know that blue mold is a source of penicillin? Penicillin is an antibiotic used to cure antibacterial diseases. There sometimes are drug shortages in Japan due to the spread of diseases. Therefore, we started this research about potentially extracting penicillin from blue mold that grows on familiar objects. First, we incubated the blue mold on food and used charcoal, CH_3COOH, and $NaHCO_3(aq)$ to extract the penicillin. Second, the extracted penicillin was dropped into the medium on which the E.coli was spread. As a result of the research, the antibacterial effect of penicillin wasn't observed and our hypothesis was not proven correct. In the future, we would like to review the extraction methods for penicillin and consider culturing only Penicillium chrysogenum.

1　はじめに

近年の技術では食中毒や結核などの細菌が原因の病気は，抗生物質によってその症状を改善できる。しかし，日本では度々感染症が流行して薬不足になってしまっている。そこで私達は抗生物質を身近なものから作る事ができれば，薬不足を解消できるのではないかと考え，パンなどに生える青カビがもっているペニシリンという抗生物質に着目し，青カビからペニシリンを抽出するという研究を始めた。

2　実験方法

実験 1

食品（パン，もち，ブルーチーズ，みかん）にカビを生やしそこから青カビ（見た目が青カビに近いもの）を採取して，寒天培地に培養する。培養したカビはなるべく青カビだけになるように単離を繰り返す。

使用する寒天培地 100ml あたり

寒天粉末	3.5g
グルコース	14g
硝酸ナトリウム	0.90g
硫酸マグネシウム	0.030g
リン酸二水素カリウム	0.050g
デンプン	0.60g

実験 2

培養した青カビからペニシリンを抽出し，大腸菌を撒いた LB 培地に抽出したペニシリンを滴下する。

ペニシリンの抽出方法

1. 培養した青カビを純水 20ml に入れ 10 分間攪拌する。
2. 攪拌した溶液をろ過する。
3. 分液漏斗にろ過した液体を移し，ヘキサン 30ml を加え，液体が二層に分かれるまで放置して，下層をビーカーに集める。（ペニシリンは水溶性物質であるため，下層の水に含まれる。）
4. 集めた液体に粉末状の炭を加え，10 分間攪拌する。
5. 攪拌した液体をろ過し，ろ紙上に残った炭を使う。（ペニシリンは炭に吸

着する性質があるため。）

6. 5 で集めた炭に 1.0%の酢酸を 20ml 注ぐ。（ペニシリンは酸性物質であるため酸性の溶液には溶けださないことから，塩基性の不純物を取り除く。）
7. 6 のろ紙上に残った炭に 2.0%の炭酸水素ナトリウム水溶液を 20ml 注ぐ。（ペニシリンは酸性物質であるため塩基性の溶液には溶けだす。）

実験 3

実験 2 の対照実験として何も撒いていない LB 培地に実験 2 で抽出したペニシリンを滴下する。

実験 4

ペニシリンの抽出方法を変更し，抽出したペニシリンをろ紙に含ませ，大腸菌を撒いた LB 培地に置く。

ペニシリンの抽出方法

1. 培養した青カビを純水 100ml に入れ 10 分間攪拌する。
2. 攪拌した溶液をろ過する。
3. 分液漏斗にろ過した液体を移し，ヘキサン 60ml を加え，液体が二層に分かれるまで放置して，下層をビーカーに集める。
4. 集めた液体に炭を加え 10 分間攪拌する。
5. 攪拌した液体をろ過し，ろ紙上に残った炭を使う。
6. 5 で集めた炭に 1.0%の酢酸を 100ml 注ぐ。
7. 6 のろ紙上に残った炭に 2.0%の炭酸水素ナトリウム水溶液を 100ml 注ぐ。

3　結果，考察

実験結果

実験 1 よりパン，　もち，ブルーチーズではカビが発生したが，みかんには発生しなかった。パン，もち，ブルーチーズに発生する青カビの色が異なっていた。寒天培地に様々な種類のカビが混在していたが，単離を 20 回程度行ったところ青カビの種類を限定できた。

Fig.1　Experiment1

Fig.2　Experiment1

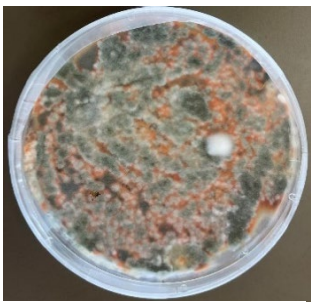


Fig.3　Experiment1

Fig.4　Experiment1

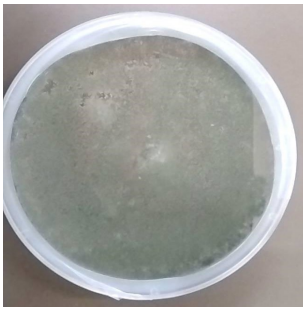


Fig.5　Experiment1

Fig.6　Experiment1

実験 2 よりペニシリンによる抗菌作用が見られなかった。また，ペニシリンを滴下した場所に白色の斑点が多く見られた。

Fig.7　Experiment2

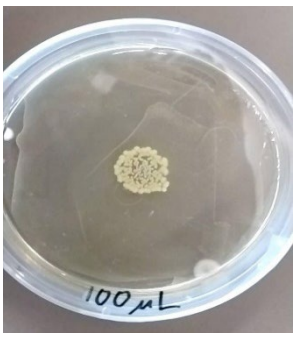


Fig.8　Experiment2

実験 3 より実験 2 で見られた白い斑点によく似た白色の物質が見られた。

Fig.9　Experiment3

Fig.10　Experiment3

実験 4 よりペニシリンによる抗菌作用は見られなかった。

Fig.11　Experiment4

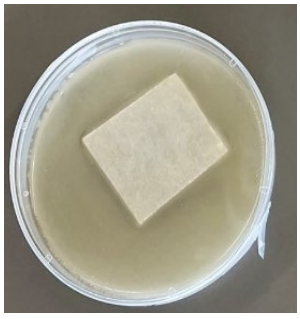


Fig.12　Experiment4

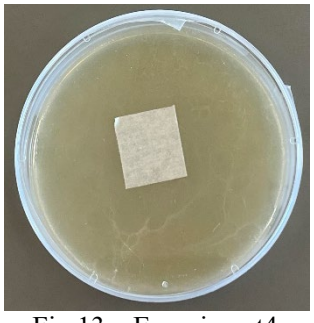


Fig.13　Experiment4

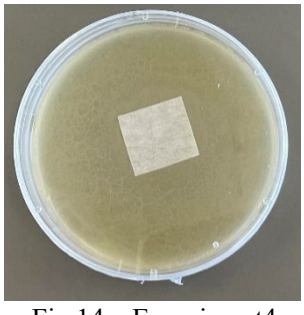


Fig.14　Experiment4

考察

実験 1 では，パン，もち，ブルーチーズで発生する青カビの色が異なっていたため青カビの種類が異なっていたのではないかと考えた。青カビの単離を繰り返したところ 1 種類の青カビを培養することができたが，その青カビの種類を同定することはできなかった。実験 2 と実験 4 より，大腸菌の増殖を抑制されていなかったため培養した青カビからは，ペニシリンが抽出できなかったと考えた。また，実験 2 と実験 3 から抽出したペニシリンを滴下した場所に白色の斑点が見られたことから，見られた斑点は大腸菌由来のものではなく，抽出したペニシリンに他の細菌が混入していたため，実験 2 では大腸菌と競争して白いコロニーを形成し，実験 3 では抽出したペニシリンに混入していた細菌が増殖したと考えられる。ペニシリンが抽出できなかった原因は，培養した青カビがペニシリンを作っていなかったこと，抽出時に炭を混ぜて攪拌する時間が短くペニシリンが炭に吸着できていなかったこと，ペニシリンの濃度が抗菌作用を示すほどなかったことなどが考えられる。

4　まとめ

培養した青カビからはペニシリンが抽出できなかったため，抗生物質を身近なものから取り出すことは難しいことが分かった。また，培養した青カビはペニシリウム・クリソゲヌムではないことも分かった。

5　今後の展望

今後は，ペニシリンの抽出方法を見直し，ペニシリウム・クリソゲヌム（ペニシリンを持っているといわれる青カビ）のみを培養する方法を考えていきたいと思う。また，ペニシリウム・クリソゲヌムとそれ以外の青カビの同定方法を考える。

６　参考文献

鷹見優月,加藤優紀,安江遼祐.2019.ペニシリンの抽出
http://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H31ssh/sc3/31913.pdf
鷹見優月,加藤優紀,安江遼祐.2018.ペニシリンの抽出
https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H30ssh/sc2/21835.pdf
高鳥浩介.2002/3/19.かび検査マニュアルカラー図譜
日本菌学会.2013/10/30.菌類の事典

車両の振動の最小化

山口 秀一　渡邊 大地　長谷川 健太　足立 遥　鶴田 陽風

Minimizing vehicle vibration

Shuichi YAMAGUCHI, Daichi WATANABE, Kenta HASEGAWA, Haruka ADACHI, Haruka TSURUTA

Abstract

One day, we felt there were differences in vibration between the various car bodies. We conducted experiments focusing on the weight of the vehicle, whether it had suspension or not, and the springs. We used a smartphone application to measure the vibrations and examine of the differences

1　はじめに

大型の乗用車と軽自動車に乗車している時で感じる振動が異なると思い，振動の感じ方は車体の重さや高さなどが関わっていると考えた。ここで，車体の重さや高さを条件付けした値（実験の）を提示する必要がある。そこで，車体のどの要素が振動の大きさに影響を及ぼしているのかを車両をモデル化した台車で実験を行って調べ，車両が受ける振動の最小化を目指すことにした。

2　実験方法

・OSYOOO を走らせるために用いたアプリ
Osoyoo limitation Driving Car
（PinetreeElectronics Ltd）
・計測に使用したアプリ
Vibroscope（TOON,LLC）(Fig.1)
携帯内に搭載されている加速度センサー
を用いて振動計測をする。

OOSOYO と，サスペンションのように衝撃吸収機能の付いたラジコンをアスファルト上で，計測用のアプリが入っているスマホを取り付け一定の速さで走らせ Vibroscope を用いて振動の大きさ〔m/s²〕を計測する。これを，条件を変えて 20 回ずつ行う。

条件①　0ｇから 1000ｇまで，250ｇずつおもりをつける。(Fig.2)（Fig.3）

条件②　計測用のアプリが入っているスマホと OSOYOO 間にばね定数の異なるばねを取り付け一定の速さで走らせる。(Fig.4)

なお，このアプリでは X 軸,Y 軸,Z 軸の値が取れるが，車体において上下の揺れが大きく，輸送や移動の際の影響が大きいと考えたため，今回の実験では Z 軸の振動の結果に着目した。

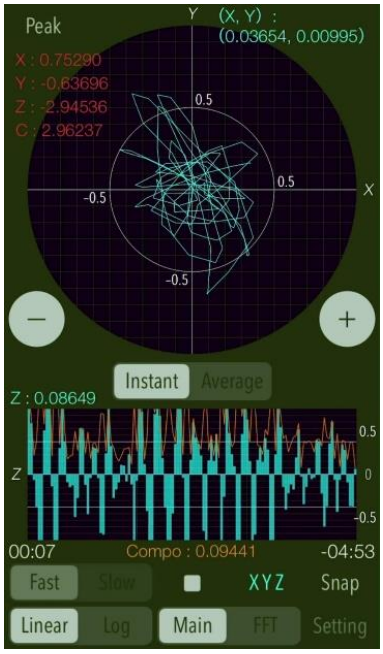


Fig.1 アプリ画面

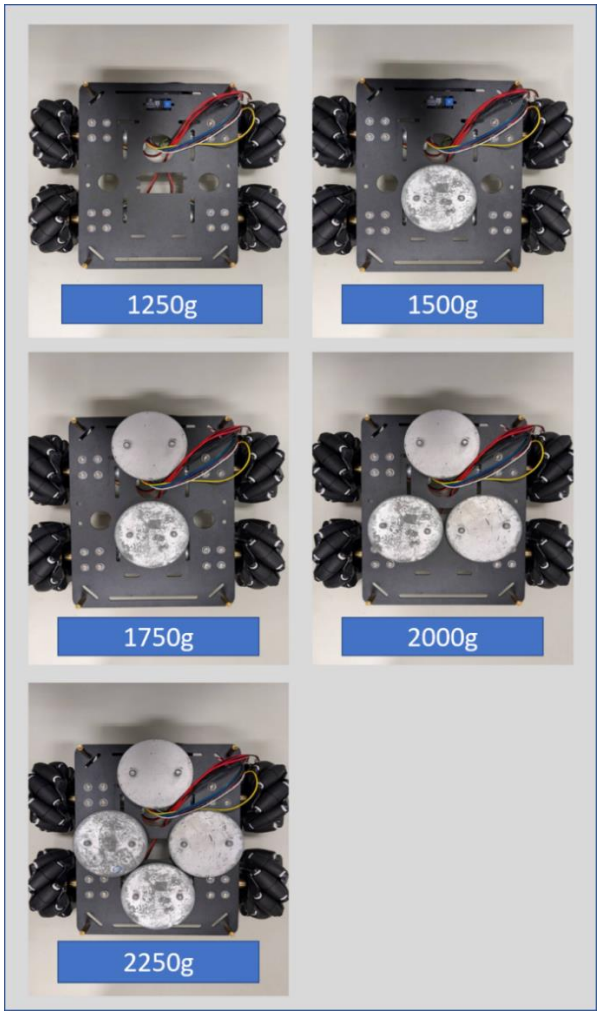


Fig. 2 OSOYOO のおもりの乗せ方と総重量

Fig. 3 衝撃吸収機能の付いた台車のおもりの乗せ方と総重量

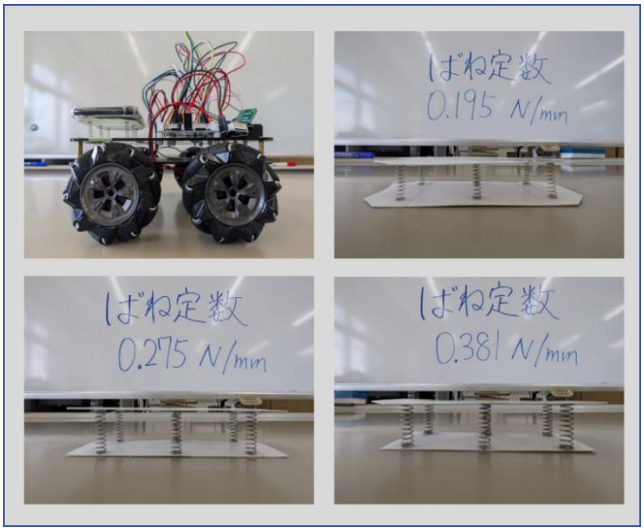


Fig. 4 ばねのつけ方とばね定数

3　結果と考察

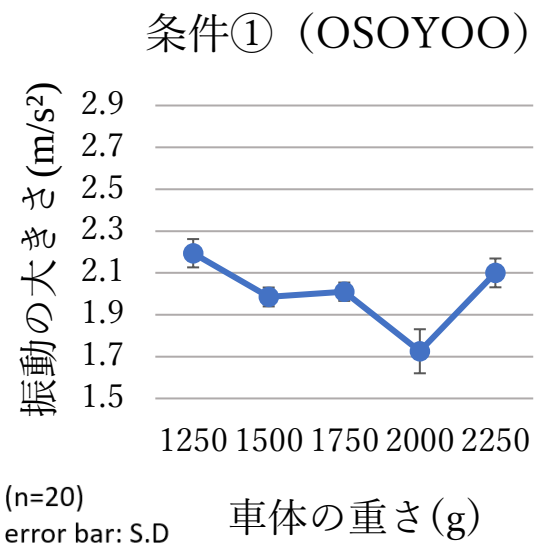


Fig. 5 The result of preliminary experiment

条件①（OSOYOO における実験）

Fig. 5 より車体の重さが大きくなるほど振動は小さくなっている。このことは軽自動車と大型の車で軽自動車のほうが揺れを大きく感じるという実体験的な結果と合致する。2250g 時の値が大きくなってしまっているのは 2250g の実験を行う前にねじを締め直したため車体のがたつき具合が変わり，値が大きくなってしまったと考えられる。

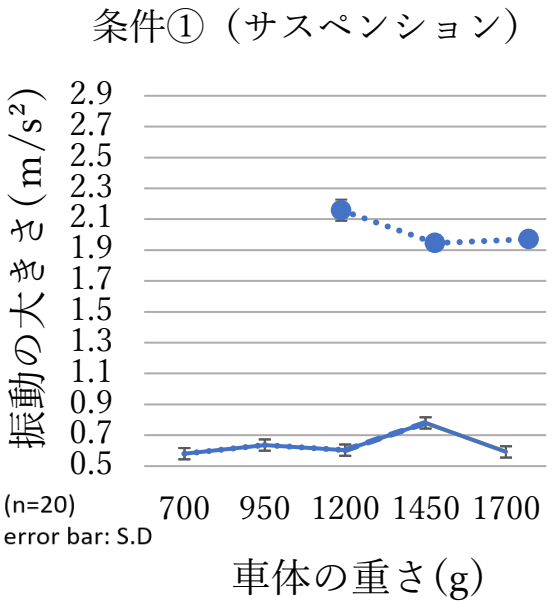


Fig.6 The result of preliminary experiment

Fig.6 において，破線部が OSOYOO の場合の実験結果を示しており，実線部がサスペンションの場合の実験結果を示している。

条件①（サスペンション機能を搭載したラジコンにおける実験）

Fig. 6 より OSOYOO に比べて振動の値が小さくなっている。

以上，条件①のサスペンション機能を搭載したラジコンにおける実験の結果から，車両の重量が小さくなれば，またサスペンションの役割をするばねがあることによって車両の振動が小さくなっている。

また，条件①の OSOYOO における実験の結果と比べて，サスペンション機能を搭載した車体の方が振動の値が明らかに小さくなっているため，ばねのようにクッション性のあるものを用いることが振動の最小化を目指すことにつながると考えた。そこで車体に使われるばねの最適な条件を調べるために次の実験を行った。

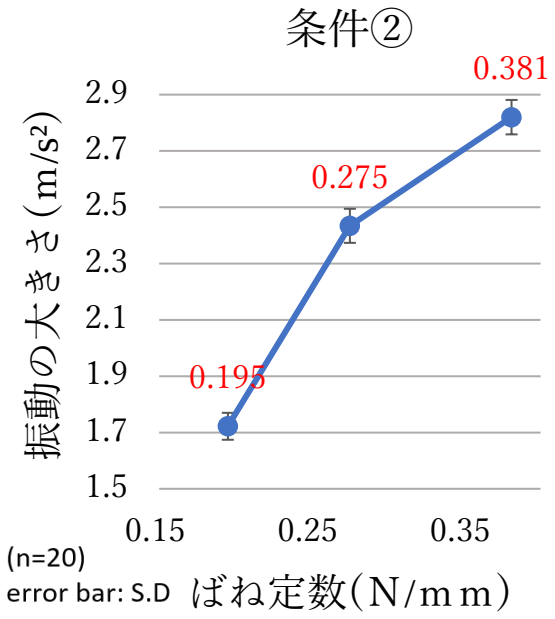


Fig.7 The result of preliminary experiment

条件②

Fig. 7 より，ばね定数の値が小さいほど振動の値が小さくなっている。これは弾性力が弱ければ，ばねがゆっくりと元の形に戻ろうとするため加速度が小さくなることと合致する。また，用いたばねの種類が少ないため，このまま増加傾向にあるのかあるピークを境に減少傾向がみられるのかはわからない。

５　まとめ

車体の重りを変化させた時よりも，取り付けるばねを変化させたほうが値の振れ幅が大きくなっていることから，車体の振動を小さくするための重要な要素はばねではないないかと考えた。ゆえに，実際のタイヤと車体の間のサスペンションは，振動軽減における重要な要素であることを改めて証明できたといえる。

しかし，ばねといっても外形や線形, 巻き数などがそろってないため一概にばね定数の値の変化が大きく関わっているとは断定できない。

また，ばねが固くなるほど振動は大きくなっているが，このまま大きくし続けて振動にどの

くらい影響を与えるのかは未知数である。

６　今後の展望

サスペンションを持っている車体と持っていない車体では，形状が異なるため，実験に影響が出てしまっている。このように，条件が必ずしも等しいとは言えない実験が続いてしまった。今後は一定の条件で実験ができる環境を考える必要がある。

また，実際にバスの車内の座席の位置や重心の位置関係から振動の計測をすることと，ばねの形状が振動とどのような関係にあるのかを詳しく調べていきたい。

７　参考文献

亘理厚. 1961. 自動車の振動に関する研究 生産研究. 13, 巻 5. 号 p. 129-131 ばねの力の計算方法-keyence https://www.keyence.co.jp/ss/products/measure-sys/machine-elements/spring/calculation.jsp

ウメの抗菌作用に関する研究

黒澤 孝介　齊藤 遥　佐藤 凌虎　渡邉 友翔

Analysis of antimicrobial action of plum leaves

Kosuke KUROSAWA, Haruka SAITO, Ritora SATO and Yuto WATANABE

Abstract

It is said that the reason why dried plums are included in lunch boxes is because they have antibacterial properties, and we thought that we could make effective use of the leaves, which are discarded. We conducted an experiment using bacillus natto (*Bacillus subtilis* var.*natto*) of natto, for which Ibaraki is famous, using it as a bacterium. Assuming that plum leaves contain an antibacterial substance, we examined the polarity of the substance and the concentration of the extraction solvent at which it exerts the most antibacterial properties. As a result, a mixture of hexane and ethyl acetate completely prevented the growth of bacteria when the hexane concentration was 50% and 75%. This result suggests that antibacterial substances, which are in plum leaves are non-polar and can be extracted at concentrations between 50% and 75% hexane and ethyl acetate mixtures of hexane.

１　はじめに

梅干しが弁当に入っているのは梅干しが抗菌作用を持つということが分かっているからである。梅干しのように，ウメの実はよく使われるが，ウメの葉の多くは廃棄されている。そこで，ウメの葉に抗菌作用があれば，効果的に利用することができるのではないかと考え，本研究を始めた。

２　実験方法

Ⅰ　準備

ウメの葉は，本校校庭にあるウメの木から調達し，エタノールで滅菌処理したものを使用した。また，培地として寒天培地を面積 56.734cm^2 使用した。

納豆菌は市販の納豆パックから納豆一粒を取り，滅菌水で 100 万倍希釈したものを使用した。(以下，納豆水と呼ぶ。)

コントロールは納豆水を 1mL 添加し，培地全体に拡散させた。

Ⅱ　予備実験

実験の正確性を確認するため，抗菌作用があるカテキンを含む緑茶の茶葉を使用し実験した。

＜方法＞

市販の緑茶の茶葉５ｇをエタノールで抽出し 1 日放置した後上澄み液を取り出し，エバポレーターで濃縮した。緑茶の茶葉の抽出液を，納豆水を塗布した寒天培地の穴をあけた部分に 100μL 注いだ。その後，35℃で 72 時間放置し，納豆菌の繁殖の様子を観察した。

＜結果＞

コントロールでは培地の全体にコロニーが形成された。

緑茶の茶葉の抽出液を流し込んだ培地では中心の周辺にコロニーの形成が確認されなかった。（Fig.1）

Fig.1　Result of the preliminary experiment

コントロールでは納豆菌が繁殖し，緑茶の茶葉の抽出液を流し込んだ培地では納豆菌がほぼ繁殖せず，カテキンにより抗菌されていると予測された。以上の結果から，実験の正確性を確認することができた。

３　本実験Ⅰ

（抽出液の種類・濃度と抗菌性の関係）

＜方法＞

ウメの葉 5 g を濃度 0%，50%，100%の３種類のエタノール水溶液，ヘキサンの濃度 0%，50%，100%の３種類のヘキサン・酢酸エチル混合液，及びジエチルエーテルで抽出した。抽出した液を一日放置し，その後，上澄み液を取り，それをエバポレーターで濃縮した。　(以下，抽出液と呼ぶ)

納豆水を 1mL 塗布した寒天培地に直径 1cm の穴をコルクボーラーで開け，そこに抽出液を注いだ。

その後，35℃で 72 時間気候変動装置に入れ，納豆菌の繁殖の様子を観察した。

＜結果＞

実験結果は Table1 と Fig.2 に示す。

Table1　Area and percentage of colonies by extraction solvent and concentration

	コロニーの面積（cm²）	シャーレ全体の面積（cm²）	コロニー面積の割合（%）
コントロール	0.2512	19.625	1.28
ヘキサン0	0.5966	19.625	3.04
ヘキサン50	0.0942	19.625	0.48
ヘキサン100	0.2826	19.625	1.44
エタノール50	0.4082	19.625	2.08
エタノール100（ウメ）	0	19.625	0

エタノールの濃度 100%のエタノール水溶液の抽出液，ヘキサンの濃度 50%のヘキサン・酢酸エチル混合液の抽出液に抗菌

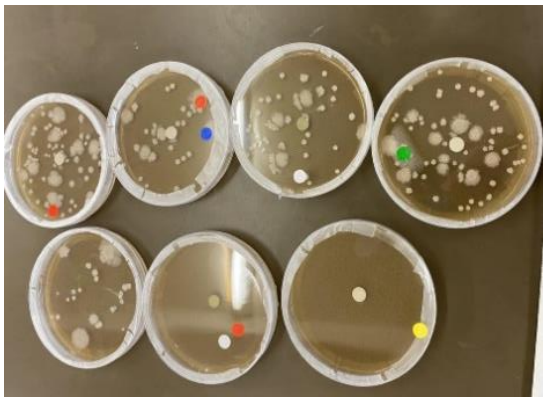


Fig.2　Result of the main experiment (I)

性が見られた。

しかし，濃度 100%のエタノール抽出液はエタノールの殺菌効果が強く作用しウメの葉の抗菌作用を正しく調べられていないと判断した。

また，ジエチルエーテルの抽出液では，納豆菌ではない青色のコロニーが確認されたため測定不可とした（Fig.3）。

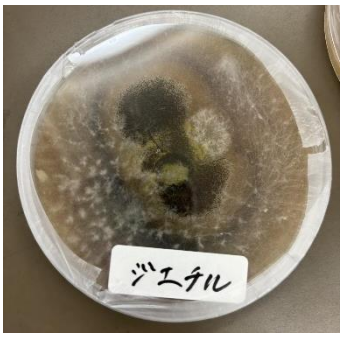


Fig.3　Blue colonies generated when extracted with diethyl ether

これら結果より，ヘキサンの濃度の間隔をより細かくして実験した。

＜方法＞

同じ手順でヘキサンの濃度を 25%，50%，75%，100%にして実験した。

＜結果＞

実験結果は Table2 に示す。

Table2　Area and percentage of colonies by hexane concentration

ヘキサン濃度(%)	コロニーの面積(cm²)	割合(%)
25	20.77	32.66
50	0	0
75	0	0
100	25.78	40.54
コントロール	32.15	50.56

濃度 50%，75%のヘキサン・酢酸エチル混合液の抽出液に抗菌作用が見られた。

また，濃度 25%，100%のヘキサン・酢酸エチル混合液にもコントロールと比べて比較的抗菌作用が見られたが納豆菌は発生していた。(Fig.4)

Fig.4　Result of the main experiment

4　本実験Ⅱ

(クエン酸水溶液の抗菌性と酢酸・食塩の相乗効果)

ウメの葉の抗菌作用が，実と比べてどのくらいあるのかを調べるため，実の抗菌作用を示すクエン酸を使って比較実験をすることにした。(以下，クエン酸水溶液はウメの実の疑似溶液として扱う。)

＜方法＞

クエン酸水溶液の濃度 0，4，7，10%を培地に添加した。

＜結果＞

実験結果は Table3 に示す。

Table3　Area and percentage of colonies by citric acid concentration

クエン酸濃度(%)	コロニーの面積(cm²)	割合(%)
0	4.73	8.83
4	1.95	3.64
7	0.02	0.04
10	0	0

クエン酸濃度 10%の時コロニーは発生せず，抗菌性が見られた。

その他のクエン酸濃度ではコロニーが発生したが，クエン酸濃度 0%の時よりもコロニーの発生を抑制することができた。

＜方法＞

「酸の種類を複数にすると効果が増大する」「梅干しの抗菌性には食塩の添加が関係している」という仮説を立て，クエン酸溶液+酢酸溶液+食塩水でも同様の実験を実施することにした。本実験Ⅱと同じ手順で，納豆菌の繁殖の抑制に最も効果があった 10%クエン酸及び 2，6，10%酢酸溶液と 20%食塩水を用いて混合液を作り，培地に添加した。

その後，35℃で 72 時間放置し，納豆菌の繁殖の様子を観察した。

＜結果＞

実験結果は Table4，Fig.5 に示す。

Table4 Area and percentage of colonies by acetic acid concentration

酢酸濃度(%)	コロニーの面積(cm²)	割合(%)
2	2.4	4.48
6	0	0
10	0	0
コントロール	6.16	11.5

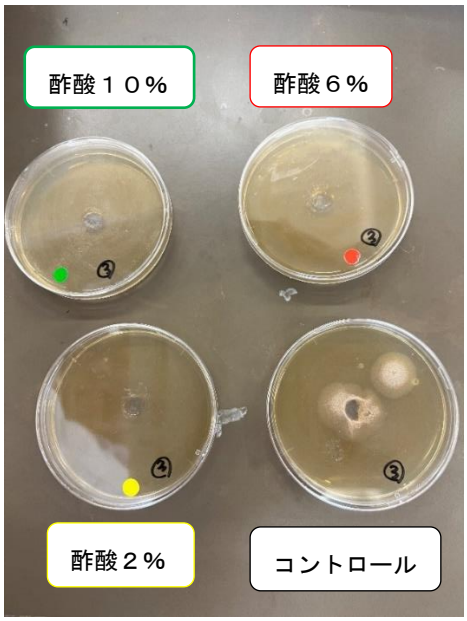


Fig.5　Result of the main experiment (Ⅱ)

濃度 10%のクエン酸水溶液と，濃度 20%の食塩水のとき，濃度 6，10%の酢酸水溶液のときに最も抗菌作用が見られ，コロニーは発生しなかった。

５　考察

本実験Ⅰより，ウメの葉に含まれている抗菌物質はヘキサンの濃度 50%から 75%のヘキサン・酢酸エチル混合液で抽出できると考察した。つまり，ウメの葉に含まれる抗菌作用を示す物質は比較的極性の低い物質だと考えられる。

本実験Ⅱより，10%クエン酸水溶液と濃度 20%の食塩水+酢酸 6・10%に最も相乗効果があることが分かった。ただし，ウメの葉の抗菌作用がウメの実の抗菌作用と比較して，どの程度なのかまでは調査できなかった。今後は，この比較まで行いたい。

６　謝辞

実験を行うにあたって，茨城大学大学院理工学研究科田内広教授をはじめとする多くの先生方やチューターの方に御助言をいただいた。また，課題研究発表会の際にも大学教授の方々にたくさんの御意見をいただいた。この場を借りて厚く御礼を申し上げる。

７　参考文献

岩崎啓子，野村秀一（2016）「梅干し中の有機物及びアミグダリン関連物質の抗菌作用」『長崎国際大学論叢』16，147-158

田中優香，松浦由依（2017）『シソの納豆菌による抗菌作用』〈https://jonan-hs.tokushima-ec.ed.jp/wysiwyg/file/download/16/5819〉

爪田恵大，北村真聖，西田大将，古川千恵，長野恵里香（2021）『植物の葉による抗菌作用』〈https://kurate.fku.ed.jp/html/wpcontent/uploads/2021/06/5fc86fffbeebfad6040e00f54eab95c9.pdf〉

海洋性発光バクテリアの発光強度についての研究
～電力削減に向けて～

江尻 梓海　佐々木 瑛音　宮本 直幸

Luminous intensity of marine luminous bacteria

Asuma EJIRI, Eito SASAKI, Naoyuki MIYAMOTO

Abstract

We studied the intensification of luminescence in luminous bacteria in order to use them as an alternative to LEDs. About the experiments. Four main experiments were conducted. Medium composition, temperature, UV and pH. Results and discussion. The combination of salinity, peptone and glycerol may have affected luminescence; 20-25℃ was found to be the optimum temperature for luminescence; a different response was observed for UVC than others; the pH of the medium was found to be similar to that of seawater. The highest luminescence was observed at 7.9, close to the pH of seawater.

In terms of future prospects, as the salinity of the medium, nutrients and incubation temperature affect luminescence intensity, we would like to study the medium with finer squid nutrients to detect nutrients closely related to luminescence in the future.

１　はじめに

現在私たちは，地球温暖化という問題に直面している。地球温暖化とは，人間の活動が原因となって排出される温室効果ガスによって気温が上昇することであり，動植物に影響をもたらしている。日本では主に，温室効果ガスを排出する一因となっている火力発電が使われている。私たちはその電気で光源や様々な電化製品を使用しているのである。

生物のエネルギー変換効率の良さから，私たちは生活で身近に使用している光源の代わりに，発光バクテリアが使用できるのではないかと考えた。発光バクテリアとは，生物発光によって青白く光る細菌のことである。

だが，発光バクテリアを培養する際に本校での先行研究では，主にイカを原材料とした培地を用いている。バクテリアを，光源として使用するとなるとイカに含まれている栄養源の個体差から光の強さ，光る日数に偏りが出てしまうことや，地球温暖化によってイカの漁獲量が減っているなどの問題がある。

ここで私たちは，なぜイカの培地を主に使用しているのか，疑問を持った。

本研究では発光強度を強め，安定した発光のために培地組成，培養温度，紫外線，pH の４つの観点に着目して研究を行うことにした。

２　材料および方法

2.1　供試菌株について

海洋性発光バクテリア（未同定）

本菌株は，市販のイカ（スルメイカ）の体表から採取・単離し，イカ抽出液寒天培地を用いて本校で継代培養されているものである。

発光バクテリアの採取・単離方法については，イカの外套膜を腹側から切り開き，内臓を取り外した状態で，体表面が上になるように容器に入れ，冷蔵庫（10℃）で２～３日静置した。その後，暗室での目視および写真撮影を

し，発光部位の特定をおこなった。発光バクテリアが確認できた箇所から滅菌済みの竹串を使い釣菌し，イカ抽出液寒天培地へ植菌。複数回の単離操作をおこない，単離した。

2.2 試薬

イカ抽出液
テトラマリンソルトプロ（Tetra 社製）
マリンブロース 2216（Difico 社製）
ポリペプトン（日本製薬）
ソイペプトン（微生物培地用特級試薬，ナカライテスク）
グリセリン（99.0%，１級，関東化学）
塩化カリウム（１級，関東化学）
硫酸マグネシウム（99.5%，特級，関東化学）
炭酸水素ナトリウム（99.6%，１級，関東化学）
培地用寒天 MB-10（伊那食品工業）
１mol/L 水酸化ナトリウム（富士フィルム）
１mol/L 塩酸（富士フィルム）
＊マリンブロースは以下 MB とする。

2.3 実験機器等

低温インキュベーター（BITEC-300L, SHIMADZU）
オートクレーブ（LSX-300，TOMY）
クリーンベンチ（MCV-711ATS，Panasonic）
撮影用カメラ本体（D7500，Nikon）
撮影用カメラレンズ（18-55mm）
円形定性濾紙（ADVANTEC101，アドバンテック東洋株式会社）

2.4 培地調製の方法と組成

2.4.1 人工海水水溶液の調製

テトラマリンソルトプロ（Tetra 社製）を使用。34ｇを１Ｌの蒸留水に溶かし，人工海水水溶液とした。

2.4.2 イカ抽出液培地の調製

イカ 107g に対して 320mL の人工海水を入れ，液量が 240mL になるまで煮沸する。

冷却後，ろ過し，ろ液を得た。ろ液に培地用寒天 MB-10 を２％加え，滅菌シャーレに流し込み，イカ抽出液寒天培地として用いる。
＊加熱前のイカと人工海水の比率は１：３になるようにした。
＊本研究ではイカの外套膜（皮を剥いだもの）のみ使用している。

2.4.3 MB 培地の調製

蒸留水１L に対して 37.4g の MB を加え，攪拌する。培地用寒天 MB-10 を２％加え，滅菌シャーレに流し込み，寒天培地として用いる。

2.4.4 試薬培地の調製

実験で使用した薬品培地では KCl，$MgSO_4$，$NaHCO_3$ を，それぞれ 7.7g/L，35.8g/L，0.0011g/L 入れた培地と塩化カリウム，硫酸マグネシウム，炭酸水素ナトリウムを基本として水溶液を作り，その水溶液を分け，それぞれペプトンとグリセリンを加え作成しました。

実験において試薬培地のペプトンとグリセリンの加える量を変化させて実験をおこなっている。培地用寒天 MB-10 を２％加え，滅菌シャーレに流し込み，寒天培地として用いる。

2.5 実験方法

2.5.1 培地への植菌方法

継代培養されている培地から竹串を使い釣菌し，培地を流し込んだシャーレに植菌する。

2.5.2 実験１

発光強度が強く，発行時間が長くなるような培地の検討を行った。まず，論文を参考に KCl，$MgSO_4$，$NaHCO_3$ を，それぞれ 7.7g/L，35.8g/L，0.0011g/L 入れた培地と，この培地にポリペプトンとグリセリンをそれぞれ 0.7g と 0.4g，

1.0g と 0.6g，0.4g と 0.2g 入れた３つの培地，そしてポリペプトンとグリセリンのみの培地の計５種類の培地で観察をした。培地は 2.4.4 で示した調整方法により培地を調製した。

次に，３種類の薬品とポリペプトン，グリセリンを入れた培地の塩分濃度を計測したところ 1.8%，2.6%，2.8%であった３種類の培地と，ポリペプトンの代わりにソイペプトンを使用し，かつ塩分濃度 2.7%に調節した培地の計４種類の培地で観察をした。

次に MB のみの培地，MB とイカの抽出液を１：１で配合した培地，イカの抽出液のみの培地の計３つの培地で観察をした。

2.5.3　実験２

発光に適した温度の研究を行った。先輩方が行った先行研究と海洋性発光バクテリアが多く付着しているイカの日本近海の生息深度，日本近海の水深 50m，100m，200m における水温のデータを使用して考察した。

2.5.4　実験３

紫外線の有無による発光への影響を，実験１のソイペプトンを入れた培地で調べた。紫外線を全く照射しなかった培地，UVA と UVB を含むライトを 30 秒，１分照射した２つの培地，UVA ライトを 30 秒，１分照射した２つの培地，クリーンベンチの UVC ライトを 30 秒，１分，２分照射した３つの培地，新品に交換したクリーンベンチの UVC ライトを１分照射した培地の計９つの培地で観察を行った。紫外線を照射するのは菌を植えた直後で，観察の時間以外はシャーレをアルミ箔で覆って保管した。

2.5.5　実験４

pH の変化による発光強度への影響を，イカの抽出液の培地で調べた。

この培地では塩分濃度 2.96%，pH をそれぞれ 6.9，7.9，8.9 に水酸化ナトリウムと塩酸を用いて調整した培地，計３つを用意し観察をした。

2.6　培養方法

寒天培地を作成した後，オートクレーブで滅菌し，クリーンベンチ内でシャーレにそそぎ，寒天が固まるまで放置する。

固まった培地に竹串でバクテリアを植え，パラフィルムでシャーレの蓋が開かないよう固定する。完成した培地を約 20℃のインキュベーター内で保管する。

2.7　観察方法

発光が分かりやすく，かつ実験３で紫外線が当たらないように，暗室で１日１回写真を撮る。発光が確認できなくなるまで撮影し，発光の様子を 2.8 に示す発光強度の評価方法を用いて６段階で数値化する。

2.8　発光強度の評価方法

図の左から順番に６段階に分け，基準値としている。

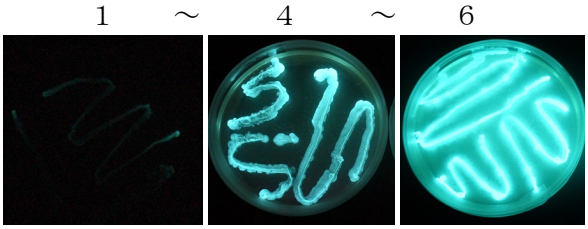


Fig.1　Evaluation standard of luminous intensity

3　結果と考察

3.1　培地組成の変化による生育および発光強度

私たちは大きく分けて５種類の薬品を入れた培地，イカの抽出液の培地，MB とイカの抽出液の混合液の培地，MB のみの培地の４種類の培地において実験を行った。そして５種類の薬品からペプトンとグリセリンを含まないものと他３種類を抜いたもの，イカを抽出する際に使用する人工海水のみの培地を用いて上記の培地と対照実験を行った。

また，pH を変化させた実験を行った。まず，薬品培地についてである。参考にした論文から，ペプトンとグリセリンの複合量を三段階

に分けて行った。実験１に作成した培地において，ペプトンとグリセリンの配合量が１番多い③の培地の発光強度が１番強く発光も安定していた。そして，ポリペプトンよりソイペプトンの方が発光強度がより強く発光した。そのため，のちの実験においては③を主に使用した。②と④も後から発光が見られたが，これは初期に他の菌が発生し，その菌が生育するための栄養素が尽きた後，発光バクテリアの生育に必要な栄養素が残っていたためであると考えられる

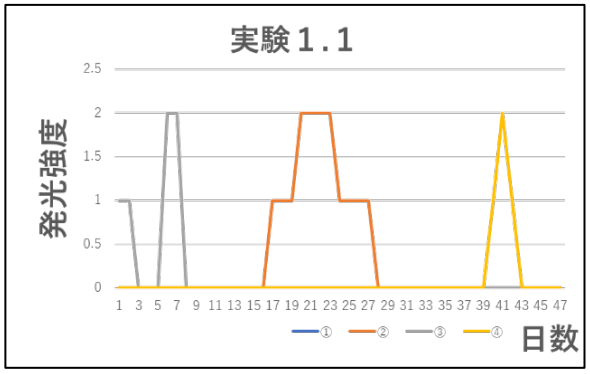


Fig.2　Chemical Media

そして，対照実験で行った３種類の薬品のみの培地では発光が見られず，ペプトンとグリセリンのみの培地では発光が僅かに見られた。実験１の塩分濃度を調節したものにおいて，前回の③をベースに薬品の量を変えた①，②塩分濃度を 2.8%に調節した③，④のみ発光が見られ，第１回と第２回と比べ発光強度も強く，よく生育した。

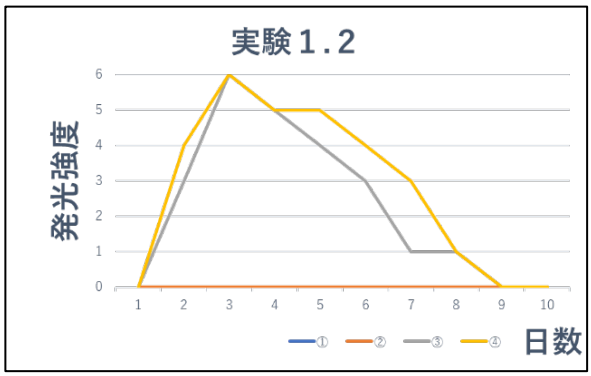


Fig.3　Salinity

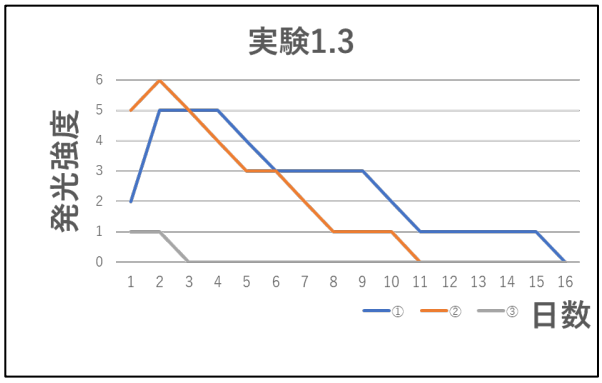


Fig.4　MB and Squid

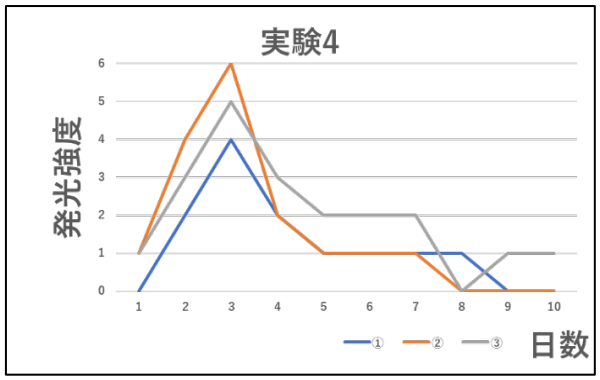


Fig.5　Chemical Media of pH

よって，薬品培地において私たちは５種類の薬品の組み合わせと塩分濃度が発光バクテリアの生育と発光の両方に関わっており，ペプトンとグリセリンは栄養が多いほど発光すると考えた。

次に，MB のみの培地である。MB ではあまり発光せず，発光日数も２日程度と少なかったため，あまり発光バクテリアの生育に必要な栄養素が多くは含まれていないと考えた。（実験 1.3 の②）

次は，MB とイカの抽出液の混合液の培地についてである。MB よりは長く発光が見られたものの発光強度，日数とともにイカの抽出液の培地以下であった。（実験 1.3 の①）

次に，pH を変化させた培地についてである。発光日数はそれぞれ pH6.9，7.9，8.9 において８日，７日，10 日以上であった。発光強度においては，7.9 で最も強い発光が見られた。これは海水の pH に近いため発光が強くなったのではないかと考察した。（実験４の②）

最後は，イカの抽出液の培地についてである。イカの抽出液は他の培地より発光強度も強く生育もよく発光日数が多かった。MB より発光がよかったことから，イカに含まれる栄養素の組み合わせか好む栄養素が入っていることが原因であると考察した。

3.2　培養温度の変化による生育および発光強度

温度の研究に関しては，先輩方が行った先行研究と海洋性発光バクテリアが多く付着しているイカの日本近海の生息深度と日本近海の水深 50m，100m，200m における水温のデータから考察した。先行研究において，7℃，10℃，20℃，25℃，50℃において実験を行った。そして，発光は 20℃と 25℃において見られた。日本近海の水温のデータと照らし合わせると，20℃前後が多く 20℃～25℃の間において発光が見られるのではないかと考察できる。

3.3　紫外線照射による生育への影響および発光強度

紫外線照射の研究に関しては，照射した紫外線の種類にかかわらず大半の培地において３，４日で発光が終了したという結果になった。だが，UVC を１分照射したものは低い発光強度で５日間発光が見られたという結果になった。このことから，UVC ライトは発光バクテリアの発光において何らかの影響を及ぼす可能性があると考察した。

Table 1 Types of UV light and irradiation time

	UVA UVB	UVA	古 UVC	新 UVC
30 秒	②	④	⑥	×
1 分	③	⑤	⑦	⑨
2 分	×	×	⑧	×

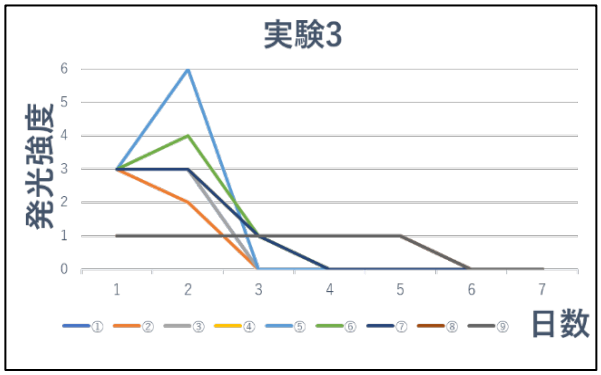


Fig.6　Effect of UV

4　まとめ

私達は海洋性発光バクテリアを光源として使用するために発光強度を強め，かつ自然由来でない培地の作成をすすめていた。しかしながら，現状では発光強度が弱いため，海洋性発光バクテリアを光源として使用するにはさらなる研究が必要である。

5　展望

本研究では，培地の塩分濃度，培地に含まれている栄養素，培養時の温度などが発光バクテリアの発光強度に関係していると考察した。そのため，詳細なイカの栄養分析を行い，イカの発光強度またはイカの発光日数に関係のある栄養素についての研究を行いたいと考えている。全体を通して発光強度に関しては，写真でうまく比較することができなかったため，より発光が強くなったら光量測定器を使用したいと考えている。

6　謝辞

本研究は，(公財) げんでんふれあい茨城財団主催の「第 26 回げんでん科学技術振興事業」の支援をいただいた。

本研究は，国立大学法人 東京海洋大学山中寿朗先生からデータ提供をはじめ，多くのご指導，ご助言をいただいた。

この場をお借りして厚く御礼申し上げる。

７　参考文献

桑原　眸, 2018. 海洋性発光細菌の発光誘導因子の解明とバイオアッセイへの応用

木所 英昭,2009.気候変化に対するスルメイカの日本海での分布回遊と資源量変動に関する研究

吉澤　晋（大気海洋研・東大）海洋微生物 - 発光細菌の分離(https://sites.google.com/edu.k.u-tokyo.ac.jp/susumu-yoshizawa/bioluminescence/発光細菌の分離)

田口　哲, 2001.紫外線の増大が海洋プランクトン生態系に及ぼす影響.日本プランクトン学会報 第48巻 第1号

田口　心ら(兵庫県立神戸高等学校 総合理学科２年), 2016.発光バクテリアの好む栄養素とは

気象庁, 全球 年平均海面水温

Alba González-Costa, Raquel Fernández-Gago, Sofía Carid, Pilar Molist, 2020.Mucus characterisation in the *Octopus vulgaris* skin throughout its life cycle.Abstract(https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/ahe.12554)

Victor S.Kuwahara, Hiroshi Ogawa, Tatsuki Toda1, Tomohiko Kikuchi, Satoru Taguchi, 2000.Variability of bio-optical factors influencing the seasonal attenuation of ultraviolet radiation in temperate coastal waters of Japan.Abstract.Photochemistry and Photobiology, 2000, 72(2): 193-199