

インタビュー 立石紀子先生

スギナが放つ青白い蛍光の謎 — 静岡県立磐田南高等学校教諭と生物部員

Interview: Ms. Noriko Tateishi

The mystery of the pale blue glow emitted by horsetail
— A high school biology club advisor and club members

伊勢村 護

Science Stars Journal・編集委員長

静岡県立大学・名誉教授／客員教授

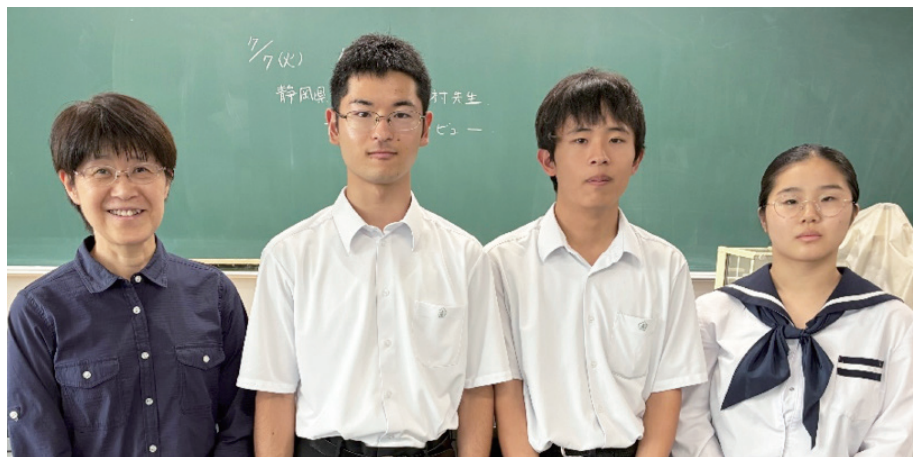
e-mail: isemura@u-shizuoka-ken.ac.jp

Mamoru Isemura

Editor-in-Chief, Science Stars Journal

Professor Emeritus/Visiting Professor

University of Shizuoka



抄録：2026年7月に、学生科学賞や高校生・高専生科学技術チャレンジ(JSEC)表彰、山崎賞など、たくさんの学生・生徒の科学コンクールでの受賞経歴のある静岡県立磐田南高等学校生物部の指導教諭の立石紀子先生に、スギナの蛍光発色の研究の経過と受賞論文の内容をお尋ねするために、同校生物室に赴き、お話を伺った。インタビューの席には受賞作品の著者に含まれている3名の3年生部員にも参加していただいた。

キーワード：立石紀子，スギナ，蛍光，高等学校生物部員

Abstract: For this interview report, I visited the biology club at Shizuoka Prefectural Iwata Minami High School and spoke with Ms. Noriko Tateishi, the club's advisor, and three third-year members about their scientific research. The club has won numerous awards in student science competitions, including the "Student Science Award," the "Japan Science and Engineering Challenge (JSEC)," and the "Yamazaki Prize." Those students have been published as authors of award-winning research papers.

Keywords: Noriko Tateishi, horsetail, fluorescence, high school biology club

伊勢村：本日はインタビューに応じてくださりありがとうございました。ご出席の皆様は、立石紀子先生と3人の生物部の生徒さんです。私、Science Stars Journal 編

集委員長の伊勢村 護と申します。どうぞよろしくお願ひします。

Science Stars Journal は、理科好きな子供を育むこと

を目的として昨年8月に創刊しました。この中でも取り上げていますが、ニチニチソウのさやにブラックライトを当てると、翡翠色のきれいな蛍光が出ることを観察して以来、蛍光発色物質に関心を持っています。立石先生が指導されているこの生物部のスギナの蛍光成分という研究が、ネット上で静岡県のウェブサイト：理科研究論文集(1)に出ておりまして、一度お伺いしたいと思い、本日インタビューさせていただくことになりました。それでは早速ですが、立石紀子先生にお伺いします。まず、スギナに注目された理由は何でしょうか？

立石紀子先生：もう5年にもなりますが、2021年に新入部員の研究に対する興味、関心を引くための実験の1つとして、周辺の葉っぱをたくさん集めて、その薄層クロマトグラフィー(TLC)を行って、紫外線を当ててクロロフィルが赤く光るのを観察しようと思いました。そうしたら赤い蛍光を発する成分の他に、原点付近に動かない成分があって、青白い蛍光を出すことを観察しました(図1)。この蛍光はいろいろな植物にみられましたが、スギナが一番強かったのでスギナ(*Equisetum arvense* L.)を中心に研究することになりました。青白い蛍光成分は、有機溶媒で抽出した場合はあまり観察されず、スギナの 塩酸/メタノール抽出物 ではその存在が確かめられました(図2)。植物の成分ということで、フラボノイドのアントシアニンではないかと思いました。



図1 スギナ抽出物のTLC(ブラックライト照射)
左側原点に蛍光が見られる(著者の許諾を得て掲載)。



図2 スギナ抽出物を別の展開溶媒でTLC分析した結果
少なくとも5つの蛍光発色成分が存在する(著者の許諾を得て掲載)。

伊勢村：スギナのようなシダ類を含めて、いろいろな植物を調べて、いくつかの溶媒で抽出するというのを生徒さんが始められたわけですね、学校の周辺の植物を調べ

たわけですか？

立石先生：はい、当時は学校の敷地にたくさんスギナがあって、それで始めたのですが、校舎の建て替えがあって、今は減ってしまいました。青白い蛍光を出す成分が水で抽出できることがわかったので、静岡理工科大学で分析させていただいたところ、いくつものバンドに分かれ、青白い蛍光が観察されて、さすが大学だなと思いました。サンプルを濃縮する手段が高校ではあまりなく、大学のロータリーエバポレーターの威力を感じましたね。いくつもの蛍光発色したバンドをガラスTLCプレートから削り取って分離して5画分に分けました。そして1番上の強く蛍光発色した画分に含まれる成分に特に注目しました。大学で核磁気共鳴(NMR)で解析してもらった結果から、アントシアニンではないらしいことがわかりました。

最初の受賞研究

伊勢村：ここまでの研究が、最初の受賞研究ということですが。

立石先生：はい。高校文化連盟(高文連)での公式の生徒理科研究発表会というプレゼンテーションの大会があり、それで県の2位を取ったので、全国高等学校総合文化祭(全国大会)に出場しています。その後山崎賞に応募しましたら、賞をいただくことができました。この賞を取った生徒は、その後京都大学に進みました。

伊勢村：それはすごいですね。そういえば、ここにおられる皆さんも全国大会に出場して山崎賞を受賞していますね。

スギナの共焦点レーザー顕微鏡による観察

伊勢村：では次に移りますが、次の2022年にスギナの青白い蛍光発色成分がどの組織に存在しているかを調べられたわけですね。

立石先生：これは、静岡県立大学の田村謙太郎先生にご相談して、共焦点レーザー顕微鏡での観察を行いました。スギナの葉っぱの部分や茎、根の付け根部分、地下茎などに分けて見ると、地下茎に強い蛍光が出ました(図3)。また、主に細胞壁で蛍光が出ることがわかりました。文献(2)によると、リグニンが蛍光発色するので、私たちが求めている成分がリグニンである可能性も考えられたのですが、リグニンは高分子で水に溶けないため、リグ

ニンではなく、リグニン前駆体や抽出過程で変化したものとか考えました。この研究は静岡県学生科学賞県知事賞を取っております。

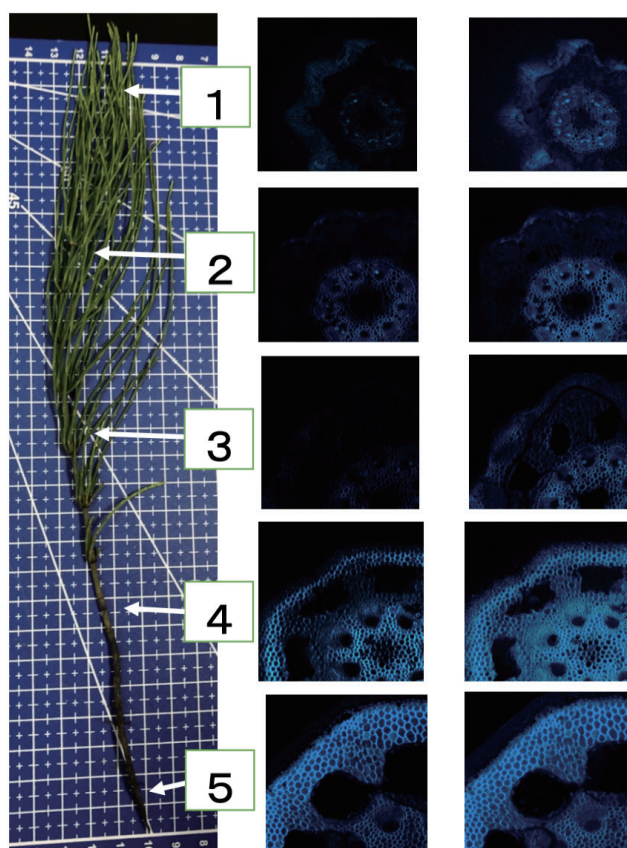


図3 スギナ組織の共焦点レーザー顕微鏡観察

左右同じ切片：右側は明るさを調節したもの。地下茎の細胞壁[5]に強い蛍光が見られる（著者の許諾を得て掲載）。

伊勢村：蛍光色のきれいな組織分布が示されていますね。それで次の研究として、2023年度は他にどのような植物が同じ蛍光を持つかについて調べたわけですね。

立石先生：まず、青白い蛍光を発する成分のpHに伴う色の変化を調べました。その結果、アルカリ性で見た目の溶液の色や蛍光が変化することがわかりました。また、植物によってTLCにおけるRf値が変わることがわかりました。また、水溶性であれば、地下茎を水に漬けると溶け出して蛍光発色が弱まるはずと考え、4日にわたり水に漬けて一定時間ごとの変化を調べました。肉眼的には蛍光発色が弱まったようにみえたものの、共焦点レーザー顕微鏡では細胞壁の蛍光輝度にはほとんど変化が見られませんでした。この時は、シダ類としてスギナ、トクサ、オシダ、裸子植物のソテツ、ヒノキ、また、被子植物のカエデ、サクラ、シロツメクサの茎切片を共焦点レーザー顕微鏡で調べ、これらをまとめた論文で静岡県学生科学賞県知事賞を受賞しました。

伊勢村：ジャガイモやヒマワリ種子など多くの植物に含まれている蛍光物質クロロゲン酸もアルカリ性になると見た目緑に変化します(3)。目的の成分がクロロゲン酸ではなさそうですが、これが同定されたら、比べるのもおもしろいかもしれません。

フラボノイドに注目

伊勢村：次は2024年度の研究ですが、どういうものでしたか。

立石先生：前年度の研究から発展させ、ガスクロマトグラフィー質量分析(GC-MS)やNMRで成分同定を目指しました。目的物質は水溶性であるので、その水をとばして濃縮するのに苦労しましたが、二次元ペーパークロマトグラフィー(PC)で5つに分離した画分を静岡理工科大学のGC-MSで分析した結果、5-ヒドロキシメチルフルフラール(HMF)が検出されました。

しかし、別の方法で濃縮したサンプルをPCで蛍光発色する5画分に分けて調べた結果(図4)、どの画分にもHMFが検出されず、HMFは求めている成分ではないと考えられました。一方、F5画分にバニリンが検出されました。バニリンはリグニンの分解過程で生成されるので、目的物質として有力候補だと思いました。しかし当時の研究予算ではバニリンの標品を買うことができず、同定は先延ばしとなりました。

次に、スギナ抽出物をシリカゲルTLCで調べると、青白い蛍光を発色する少なくとも2つのバンドが検出され、これらを削り取ったシリカゲルから抽出できるので、この方法でかなり精製されたサンプルが得られることがわかりました。一方、静岡理工科大学で行ったNMRの結果から、フラボノイドの存在が示唆され、この後はフラボノイドにも注目していくこととしました。

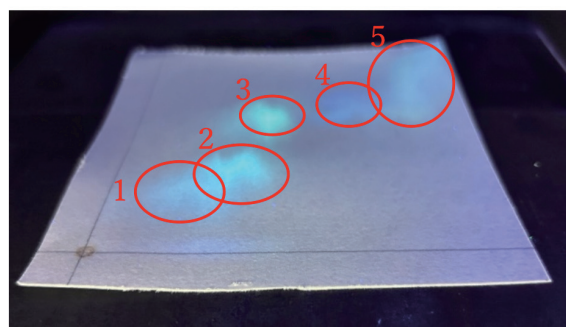


図4 スギナ抽出物の2次元PC

○で囲んだ5つの成分に分けGC-MSで分析した（著者の許諾を得て掲載）。

伊勢村：最初の頃の「フラボノイドは入っていない」というのがちょっと尾を引いたわけですか。

立石先生：はい。前に NMR をやりだした時、フラボノイドが検出されなかった、このところがやっぱりだいぶ大きかったんですね。しかし、もう一度、静岡理科大学・先端機器分析センターで NMR をやってみるようになったのですが、そこで蛍光をやっておられる小泉武昭先生と菅澤直裕先生に、かなり無理を聞いていただきました。そして、やっぱりフラボノイドが入っているということになり、この辺で、フラボノイドが含まれているということに確信が出てきました。

構造を決めるには液体クロマトグラフィー-質量分析 (LC-MS) の結果が欲しいねという話をしていた時に、先生から三好先生をご紹介いただいて、それなら研究できるって、みんな励まされました。

アピゲニン、ルテオリン化合物が候補成分か

伊勢村：それで 2025 年度はフラボノイドに注目したわけですね。

立石先生：ここからは、生徒が詳しいので、生徒から説明しますね。

稲垣遼太郎君：はい。蛍光成分の同定を進めるために、1 つはワコーシル R60-C18 を使ったシリカゲルカラムクロマトグラフィー (CC) もう一つはセファデックス LH-20 を使った分子サイズで分ける CC をやりました。CC によって分離した画分を TLC で調べた結果、3 種類のかんりきれいな成分が得られることがわかりました。それぞれを NMR で調べるとベンゼン環を持つ化合物と糖由来と考えられる成分が存在することが示唆されました (図 5)。

糖成分が入っていることがわかったので、塩酸で加水分解してグリコン部分とアグリコン部分に分けて調べることにしました。加水分解物を有機溶媒で抽出した試料をシリカゲル CC で分画し、3 画分を LC-MS で調べた結果、どの画分にもアピゲニンが存在することがわかりました (図 6)。加水分解した後も蛍光発色する目的化合物はアピゲニンの結合体である可能性が出てきました。

伊勢村：文献 (4) によると、スギナにはアピゲニンが存在するということですので、目的化合物がアピゲニンの配糖体である可能性が高まってきましたね。ただ、文献 (4) では、スギナのどの部分か、が特に書かれていないので、この次の研究でスギナの地下茎を使って、詳しく調べていってほしいですね。

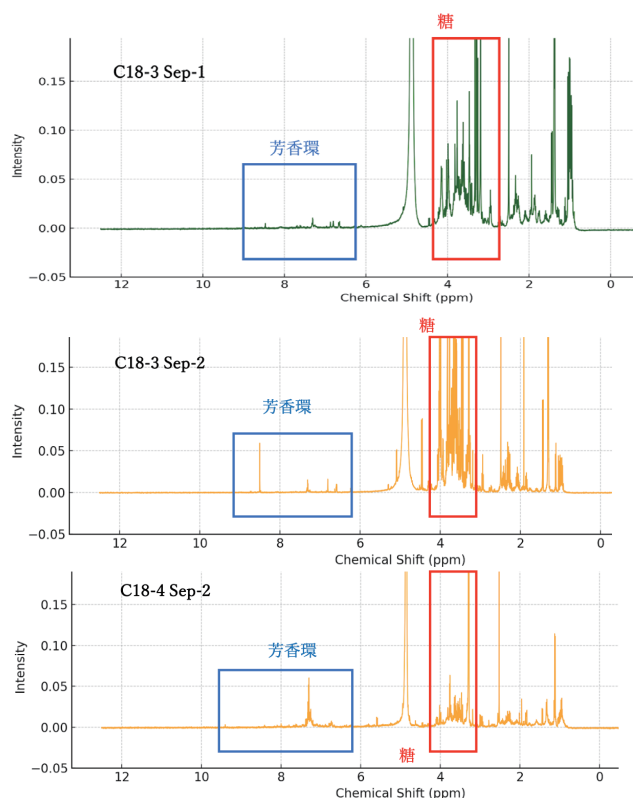


図 5 CC で得られた蛍光発色画分の 1H-NMR 分析
各画分に芳香環と糖の存在が認められる (著者の許諾を得て掲載)。

稲垣君：はい。その後、アピゲニンそのものには蛍光発色がほとんど見られないことが分かり、アピゲニンは候補から外れました。現在、三好先生に LC-MS による解析をお願いしていますが、蛍光成分を加水分解したものにルテオリンが同定されたため、蛍光成分はルテオリン化合物の可能性が出てきております。2026 年度の研究中で、目的の青白い蛍光を発する化合物を同定したいと思います。

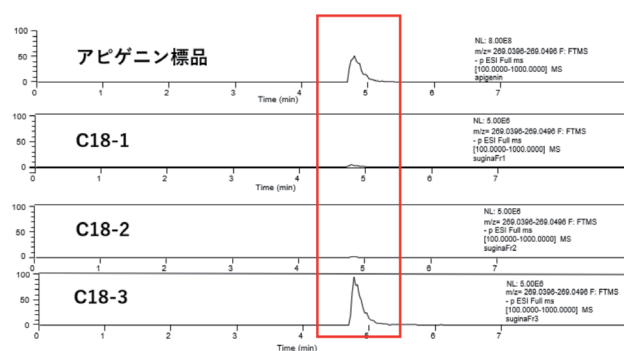


図 6 加水分解物を CC で得られた 3 画分の LC-MS 分析
各画分にアピゲニン (イオン: $m/z = 269.04$) が検出された (著者の許諾を得て掲載)。

伊勢村：ありがとうございました。これからも目的に向かって取り組んでいただきたいと思います。

今後の研究への抱負や苦労話

伊勢村：それでは、ここから3年生の生物部員の皆さんにお尋ねしたいと思います。皆さんは1年生から3年まで3年間研究を続けてきたわけですが、研究についての抱負などを聞かせてください。

稲垣君：これまで静岡県立大学三好先生の研究室でLC-MS分析させていただいた結果から、目的のものがルテオリンの配糖体であるという可能性が高いとわかりました。なので、この化合物が本当に蛍光成分であるという確証を得るっていうことを第一に考えています。それがわかったら、今たくさんの蛍光成分があるとわかっているんで、ルテオリン関係の別のものもあるのだろうっていうところから考えて、別の蛍光成分を見つけていこうと思っています。また、スギナからルテオリン化合物をきれいに分離できる、単離できるところまでこぎつければ、例えば細胞を使った生物学的なアプローチで、医療の方にも発展させていけるとか、いろいろ生物学的な応用みたいなものにも持っていけるんじゃないかと思っています。

平野朱梨さん：一緒に研究しているので、ほぼ同じなんですけど、まだルテオリン化合物がそもそも蛍光発光するのかっていうのがちゃんとわかってなくて、一つ一つまず同定したくて、それがわかった上で本当に稲垣君が言ったように、他の研究にも応用したり、他の物質を見つければいいなと思っています。これまでの自分たちの実験手段とか分析方法を生かして、別のものにも研究を移していけるんじゃないかとそういうことですね。まず1つが本当に確定できれば、次の研究に進められると感じています。

山崎 新君：ルテオリン化合物があることで、それは植物のスギナ自身にどう役立っているのか、生物活性について調べたいです。

伊勢村：それは、皆さん興味持ちますよね。では、研究をやっていて、楽しかったこととか辛かったことがあれば、話してください。

稲垣君：いやあ、苦しかったことはあまりなく、むしろ楽しかったですね。未知のことを追究する楽しさを感じました。

平野さん：私は基礎研究をしてる時は苦しかった。やつ

ぱりいろいろ悩みました。作業量が膨大でTLC展開をするにも100枚近くも展開して、その上で抽出するために各蛍光の色の種類によってろ紙を切り分けたり、TLCプレートだと削りとったりする作業をする。そうすると部活の時間が夜8時とか過ぎてしまう。その後塾に行くとかそういう生活を続けてちょっと辛かったですね。家族にも迷惑かけた気もします。でもなんかすごい気持ちが盛り上がった気もします。この研究を続ける中で、いくつか必要なツールの新しい工夫があり、例えばスギナをすり潰すのをミキサーでやれば時間短縮になるということがわかりました。もう一つ自分たちは、ロータリーエバポレータが欲しかったのですが、学校の予算では買えなくて、真空ポンプを使って鍋にお湯を沸かして温めてやる方法でやったんですけど、この工夫で濃縮できたのはよかったなと思います。

立石先生：真空ポンプは物理にあるのを借りたのですが、有機溶媒を使ってはいけないうちに気づかずに壊してしまいました。備品を壊してしまったことは大変申し訳ない。でも生物部員はそれだけ必死に工夫していました。

伊勢村：それは大変でしたね。では最後、山崎君、お願いします。

山崎君：スギナを取りに行かないといけないうんですけど、蚊にいっぱい刺されて、すごくかゆくて苦労しました。スギナの地下茎は掘り出そうとするとすぐに切れてしまうので困りました。

伊勢村：そうですね。スギナの根っこは、ずーっとつながっているはずなのに、地上からすぐのところで切れますよね。あれは何ででしょうか。

立石先生：それはよくわかりません（笑）。ただ、スギナを大量に集めるのは大変でした。スギナが生えていたと思う場所も、季節が変わるとその上に別の植物が生えて、どこがスギナの地下茎か分からなくなったりします。

平野さん：一度校内のスギナが採れる場所に除草剤が撒かれてしまって、それから生えなくなってしまって、また採れる場所を探し始めて、ちょっと苦労しました。

伊勢村：スギナを大量に集めるのは案外難しいのですね。それでは、ここまでありがとうございました。目的の蛍光発色物質の同定ができることを期待しております。

後記

インタビューは2026年7月7日（火）に行った。立石先生と3人の生物部員の皆さんに実体験をお聞きし、予定の時間が大幅に超えてしまったにもかかわらず、熱心にインタビューに応じてくださり、今後の研究への熱意が感じられるひとときであった。

会場の生物教室には生物部の他の生徒たちが部活をしていて、研究が引き継がれていくものと頼もしく思われた。

立石先生が田村先生に連絡されたのは、生徒のジュニア進化学会における高校生ポスター発表時に会場に来ていたある大学院生からアドバイスを受け、田村先生を紹介してもらったそうで、研究発表の機会に生徒が発表することも研究推進に大いに役立つものと感じられた。さらにこうした縁で静岡県立大学の三好規之教授の指導も仰ぐことができたということで、この経緯は、高校では設置されていないような先端科学機器が研究に必要な時の参考になるものと思われる。

本インタビューはNPO法人「子供たちの生物自由研究を応援する会」(5) (伊勢村 護 理事長) の活動の一環として行われた。高等学校等における部活動に関する情報提供となることが期待される。

静岡県立磐田南高校におけるスギナに関する研究の受賞歴

1. 2021年2年 木野裕斗、1年 有藤 葵：「シダ植物に見られる蛍光成分の特定」
静岡県生徒理科研究発表会県大会最優秀賞（全国大会出場）、および山崎賞受賞

2. 2022年2年 有藤 葵、1年 市川こはる：「シダ植物に見られる蛍光成分Ⅱ」
静岡県生徒理科研究発表会県大会最優秀賞（全国大会出場）、および静岡県学生科学賞県知事賞（1位）
3. 2023年2年 市川こはる、1年 長谷川帆風：「スギナに見られる蛍光成分Ⅲ」
静岡県生徒理科研究発表会西部大会優秀賞、および静岡県学生科学賞県知事賞（1位）
4. 2024年2年 長谷川帆風、田中純平、村上陽菜、1年 稲垣遼太郎、平野朱梨、柳田遼、山崎新：「スギナに見られる蛍光成分Ⅳ」
静岡県生徒理科研究発表会県大会最優秀賞（全国大会出場）、および静岡県学生科学賞教育振興委員会賞
5. 2025年2年 稲垣遼太郎、平野朱梨、山崎新、3年 長谷川帆風：「スギナに見られる蛍光成分Ⅴ」
静岡県生徒理科研究発表会県大会最優秀賞（全国大会出場）、およびJSEC 高校生高専生科学技術チャレンジ敢闘賞、および山崎賞優秀賞

引用文献

1. 静岡県総合教育センターあすなろ学習室 理科研究論文集
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronbun/index.html>
2. Donaldson L (2020) Autofluorescence in Plants. *Molecules*, **25**, 2393
3. Mimica-Dukic N, Simin N, Cvejic J, Jovin E, Orcic D, Bozin B (2008) Phenolic compounds in field horsetail (*Equisetum arvense* L.) as natural antioxidants. *Molecules*, **13**, 1455-1464
4. Gründemann C, Lengen K, Sauer B, Garcia-Käufer M, Zehl M, Huber R (2014) *Equisetum arvense* (common horsetail) modulates the function of inflammatory immunocompetent cells. *BMC Complement Altern Med.*, **14**, 283
5. NPO法人子供たちの生物自由研究を応援する会
<https://www.jiyuukuen-ouen.org>

立石紀子先生ご略歴

浜松市立高校、国立大学理学部生物学科、1988年～静岡県高校教諭、2021年磐田南高校着任。