



「幸運は用意された心のみに宿る」というルイ・パスツールの言葉には、いくつもの言い換えがある。そのいずれにしろ、幸運の女神は誰にでも微笑むわけではない、偶然の発見は単なる幸運ではなく、それなりの心の準備をしていたものにしか訪れないという意味である。つまり、偶然とされる発見も、その多くは「たまたま」ではないということだ。

この格言が当てはまる例としてよく引き合いに出されるのが、イギリスの細菌学者アレグザンダー・フレミングによるペニシリンの発見だろう。

第一次世界大戦で戦傷者の治療にあっていたフレミングは、傷口から感染した細菌による敗血症による死者が多いことに心を痛めていた。戦後、ロンドン大学の細菌学研究室に着任したフレミングは、誤って青かびに汚染されたブドウ球菌の培地に注意を引かれた。アオカビの周囲のブドウ球菌コロニーが溶けてなくなっていたのだ。培地がカビで汚染されたのは、休暇で不在にしていたからだという話や、単なる不注意だったという話もあるが、それは置いておこう。フレミングの慧眼は、その培地をそのまま廃棄せずに、「これは変だ、なぜ？」という疑問を抱いたことだった。

### うっかりが生んだ発見

研究用温室で栽培している植物への水やり。責任体制が曖昧だと、いつの間にか怠ってしまいがちだ。これから紹介するのは、それが思わぬ発見につながったという話である。いわばフレミングの発見の植物版。

それは、アメリカ中西部に位置するネブラスカ州の首都リンカーンにあるネブラスカ大学の温室でのこと。温室の管理人からかかってきた、そちらの研究室で管理している鉢植えの雑草をなんとかしてくれという電話が始まりだった。温室を見に行った研究者は、そこで驚きの光景を目にした。振り返れば2カ月ほど水やりを忘れていた植物なのに、元気に育っていただけでなく、隣の鉢まで占領しそうな勢いだったのだ。

その植物の名前はサワズメノヒエ（学名はパスパルム・ヴァジナトゥム *Paspalum vaginatum*）。耐塩性で亜熱帯の海



図-1 沖縄の岩礁に自生するサワズメノヒエ（シーショアパスパルム）  
(Wikipedia より)



図-2 シドニー植物園に設置されたシーショアパスパルムの芝  
(Wikipedia より)

岸などに自生していることから英名はシーショアパスパルム（以下、パスパルムと省略）で、この名で暖地のゴルフ場の芝としても利用されている。

もともとパスパルムが乾燥にも強いことは知られていた。しかし2カ月もの乾燥に耐えられるとは、研究者も想像していなかった。そこで、同じイネ科の作物であるトウモロコシと比較して、どのくらいの悪条件に耐えられるのかを調べることにした (Sun *et al.* 2022)。

すると、植物の成長に欠かせない肥料である窒素やリンを与えない条件では、トウモロコシは当然のごとく成長が悪かったのに対し、パスパルムは何の問題もなくすくすくと育っていた。これはいったいどういうことなのだろう。

そこで研究チームは、パスパルムのゲノム情報とその発現のしかたを調べてみた。その結果わかったのは、パスパルム



図-3 シーショアパスパルムのピッチ上に立つ 2022 FIFA ワールドカップ アルゼンチン代表チーム (Wikipedia より)

は、窒素やリンが欠乏すると、トレハロースという糖の生産を倍増させるということだった。つまりパスパルムの栄養素欠乏に対する耐性の鍵を握っているのはトレハロースらしいということになる。

トレハロースは、2個のグルコース（ブドウ糖）が結合した2糖類で、さまざまな動植物において、低温や乾燥、塩ストレスなどに対する耐性に関係していることが知られている。昆虫の血糖はトレハロースで、それを分解酵素トレハラゼによってグルコースに変えてエネルギー源にしている。

トレハロースの機能として有名なのが、乾燥状態ではグルコースをトレハロースに変えて休眠（乾眠）する現象である。極限環境に強いとされるクマムシがその代表格で、アフリカの乾燥地帯に生息するネムリユスリカ、塩湖に生息する甲殻類のアルテミア（シーモンキー）、水で戻すと活性化するパン酵母などもトレハロースを体内に蓄積することで乾眠している。

トレハロースは、甘さは砂糖の45%で、あとを引かない甘味料として重宝されている。それを可能にしたのが、澱粉の80%をトレハロースに変換する製法を開発したバイオ企業の林原である。林原は特別プロジェクトチームを組織し、有用な土壌細菌を探索することで、澱粉をトレハロースに変換する反応経路を有するアルスロバクター属の細菌を1995年に発見したのだ。

### 資源リサイクルシステムの重要性

ならば、トウモロコシのトレハロース量を増やしてやれば、トウモロコシも少ない肥料で育つようになるのだろうか。これまで、トウモロコシやイネにトレハロース生合成遺伝子を導入する研究はされていた。そして、乾燥耐性の向上は確認されていた。しかし、遺伝子導入によるトレハロース蓄積量の増加はごくわずかにとどまっていた。

ここでネブラスカ大学の研究チームは逆転の発想をした。植物体中のトレハロースの生産量を増やすかわりに、分解を止めてやればどんどん蓄積するのではないかと考えたのだ。

さっそくトレハロース分解酵素であるトレハラゼを阻害する抗生物質をトウモロコシに作用させたところ、窒素肥料がなくても生育がよくなった。

この発見にはさらなる展開もあった。細胞内リサイクルシステムとも呼ばれるオートファジーで重要な働きをしている遺伝子 *atg12* のスイッチをオフにしたところ、トレハロース量が増加しても、窒素肥料欠乏下での生育向上は見られなかったのだ。これはつまり、トレハロースを蓄積させてトウモロコシの生育を向上させる仕組みには、オートファジーが大きく関与しているらしいということだ。

オートファジーを制御する遺伝子群 *ATG* を1990年に発見した大隅良典さんは、2016年にノーベル生理学賞を受賞した。*ATG* 発見後の研究で、動物細胞が飢餓状態になるとオートファジーが起きてアミノ酸がリサイクルされる仕組みも見つかっている。

生体のリサイクルシステムはみごとに仕組まれているが、人間による天然資源のリサイクルシステムは破綻をきたしつつある。天然鉱物に依存しているリン酸肥料には枯渇の可能性があるし、窒素肥料やリン酸肥料の大量消費が環境汚染を引き起こしている。

その意味で、作物のトレハロース蓄積を促進することによって必須肥料が節約できる可能性は朗報である。今後の研究の進展に注目したい。

ところでシーショアパスパルムは、カタールで開催された2022 FIFA ワールドカップのサッカー競技場の芝に採用されていた。砂漠の国に建設されたすべての試合会場を青い芝で覆うことができたのは、シーショアパスパルムあればこそだったのだ。三笥薫選手の1mmの奇跡を実現した芝が、もしかしたら第二の緑の革命を起こすかもしれないと考えると、感慨深いものがある。

### 参考文献

Sun, G. *et al.* 2022. Genome of *Paspalum vaginatum* and the role of trehalose mediated autophagy in increasing maize biomass. *Nat. Commun.* 13, 7731. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35507-8>