

ニューストップ 国内 社会

## 洪水に耐えるイネを創出した女性植物学者たち

0 1 2019年11月12日 10時0分 論座

先月首都圏に上陸した台風19号は、全国に大きな洪水被害をもたらした。被災された方々に心からお見舞い申し上げたい。洪水は、農作物にも甚大な被害を与える。台風19号による農林水産関係の被害額は、実に2000億円を超える。農業国の米国でも、例年、1000億円(1 billion dollar)の被害が出る。温暖化が進む今、洪水被害に強い作物の重要性は日々増している。



写真拡大(全9枚)

昨年の西日本豪雨のあと、バングラデシュで進化した洪水とともに生きる浮きイネについて書いた(「[洪水とともに生きるイネの驚異的な能力](#)」)。植物も、われわれ動物と同じように、水没(冠水)してしまうと呼吸ができず(酸素を吸えず)数日で窒息して死に至る。しかし、浮きイネは、水没を感知し猛烈なスピードでぐんぐん背丈を伸ばすことで、水面に顔ではなくて葉を出し生存することができる。

日本を含むアジアの主要作物であるイネ。その総作付面積の4分の1は洪水地帯にある。残念ながら、アジアの人々の食を支えるという点において、浮きイネは適切な作物とは言えない。本来イネの種子(お米)に蓄えるべき栄養分が、茎を伸ばすために消費されてしまうからだ。では、普通の作物であるイネは、水災害になすすべもないのだろうか。いや、そんなことはないという科学の物語を今回は伝えたい。

折しも先月、今年のノーベル医学生理学賞が細胞の低酸素応答の仕組みを解明した3人の科学者に与えられると発表された。素晴らしい成果である。しかしながら、植物学者から「動物細胞」の低酸素応答の仕組みでは? という疑問の声がSNSなどで上がった。なぜなら、植物の低酸素応答は、動物のそれとは似て非なるものだからだ。植物の研究が過小評価される「Plant Blindness」のことを本欄で紹介したことがある(「[生命科学を先導してきたのは実は](#)

### 主要ニュース

JR新潟駅前で女性が刺されたか  
中国で邦人9人拘束 解決見通せず  
女優の伊藤歩を脅迫 男女を送検  
警察車両が幅寄せか 車内で悲鳴  
トランプ氏が韓国に経費5倍要求  
日本新ユニは「軍服」韓国が批判  
逮捕の元でしこ 注目の過去  
月曜から夜ふかしに出演者が怒り  
宮迫と2ショット写真「申し訳ない」  
岡村と中居 絶交は松本きっかけ

植物の基礎研究」)が、またもやその一種ではないか、などと自虐的?に揶揄された。

×



これから紹介するのは、モデル植物であるシロイヌナズナやイネの基礎研究から見てきた「植物の低酸素応答の仕組み」と、その研究成果がすぐに発展途上国での農業へ応用され、洪水にあっても死なないイネを創り出した物語である。そして、一連の研究をリードした二人の女性研究者を紹介したい。

#### 動物とは異なる植物の低酸素応答の仕組み

動物細胞は、窒息状態に陥ると、酸素をもっと供給しようと造血ホルモン遺伝子などを発現させる。その鍵となるのがHIF-1(低酸素誘導因子1: Hypoxia Inducing Factor 1)である。HIFたんぱく質はDNAに直接結合して遺伝子発現を調節する転写因子である。通常の酸素条件下ではHIF-1たんぱく質は常に壊されている。具体的には、HIF-1たんぱく質の一部分(プロリンと呼ばれるアミノ酸)が水酸化され、それを目印にユビキチン(たんぱく質を破壊に導く共通の標識)がつくため、HIF-1は常時分解される。一方で、低酸素状態に陥った動物細胞では、HIF-1たんぱく質のプロリン水酸化が起きず、結果としてHIF-1は分解されずに蓄積し、DNAに結合して低酸素応答の遺伝子発現を引き起こす。

ところが、植物細胞にHIF-1は存在しない。でも、植物も低酸素を感知して遺伝子発現を変化させている。では、どうやって?

主にシロイヌナズナを用いた研究から、植物が低酸素状態に陥ると、ERFと呼ばれる植物だけが持つ一連の転写因子が誘導されることがわかった(ネイチャー誌: Gibbsら。Homeostatic response to hypoxia is regulated by the N-end rule pathway in plants. Nature 479: 451- (2011))。興味深いことに、通常の酸素条件下では、ERFも動物のHIF-1のようにユビキチンという標識がつけられていて、常時分解されている。しかしながら、ERFとHIF-1の働く仕組みは異なっている。酸素が豊富にある状態では、ERFたんぱく質の最初の部分にあるシステインというアミノ酸が酸化され、それを目印にユビキチン標識がついて分解されている。一方、水没などにより低酸素状態に陥った植物では、ERFのシステインが酸化されず、結果としてERFは分解されずに蓄積する。そのため、転写因子であるERFは、DNAに結合して様々な低酸素応答の遺伝子発現を引き起こす。

動物と植物は、それぞれ、大局はともよく似ているものの、具体的には違う低酸素応答の仕組みを巧妙に進化させてきたのである。

#### 水中でじっと耐え忍ぶ戦略を取ったイネ

話をイネに戻そう。実は、浮きイネのように「素早く成長して水没から逃げ切る」という戦略とは逆に、「水中で窒息状態の中、じっと耐え忍ぶ」ことにより、長期間の冠水を生き延びること

ができるイネも存在する。インディカ米(長粒米)のダルプティアという原種がそうである。

普通のイネは、水没すると3日ほどで枯死してしまう。しかし、ダルプティアは、2週間もの水没に耐えることができる。この原種は作物には適していないが、フィリピンの国際イネ研究所(IRRI)によって、この「水没に耐える形質」を受け継いだインディカ米品種FR13A(洪水耐性13A)が育種されていた。

分子遺伝学が発展するとともに、この「水没に耐える形質」を決める遺伝子の特定が行われた(ネイチャー誌: Xu ら。Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. Nature 442: 705- (2006))。Sub (SUBMERGENCE, 英語で「水没」を意味する)と名付けられた遺伝子座領域を調べたところ、植物の低酸素応答の鍵因子であるERF遺伝子が3つ並んでいることがわかったのである(Sub1A, Sub1B, Sub1Cと名付けられた)。そのうちの一つ、Sub1A遺伝子は、私たち日本人の主食であるお米(ジャポニカ米)を始め、「洪水に耐えられない」普通のイネには存在しないこともわかった。Sub1Aには、「スーパー低酸素応答」を担う何らかの秘密がある。

さらなる研究から、次のようなことがわかってきた。通常の酸素が豊富な環境ではSub1Bたんぱく質とSub1Cたんぱく質は、シロイヌナズナのERF因子と同じように、常時分解されている。その一方で、Sub1Aたんぱく質は安定で、酸素があってもなくても蓄積する。しかも窒息状態になると素早くSub1Aの遺伝子発現も上昇する。Sub1Aは、水没中のイネ成長(すなわち酸素の消費)を抑え、さらにはイネが水没状態から地上に戻った(すなわち洪水が引いた後)あと、急激に乾燥して萎れないように遺伝子発現を調節する能力に優れていることがわかってきた。

低酸素応答の仕組みを利用し誕生したイネのスーパー品種



これら基礎研究から、Su

b1A遺伝子の秘密が分子レベルで明らかとなった。原理的には、その能力を「普通のイネの品種」にも寄与できるはずである。果たして、Sub1A遺伝子を導入したイネは、実際の東南アジアの農業地帯で洪水に耐えるのだろうか。インドやバングラデシュで広く栽培される「スワー

ナ」と呼ばれる品種に、遺伝子組換えではなく分子マーカー育種という方法でSub1A遺伝子を入れて新品種「スワーナSub1」が作られ、農家による栽培試験が行われた。

2011年にインドの128の農村で行われた試験で、スワーナSub1は目覚ましい成果をあげた。洪水が起こらなかった圃場では、スワーナもスワーナSub1も、ほぼ同じ収穫量を得た一方、洪水が起きた地域では、スワーナの収量は大きく下がったが、スワーナSub1は大きな打撃を受けなかった。洪水が頻繁に起こるベンガル湾沿いの地域は、低カーストの貧しい農民が多く、Sub1A遺伝子を持つ「洪水に耐えるイネ」による安定した収穫は、経済的恩恵をもたらす。現在、様々なイネの優良品種にSub1遺伝子が導入されている。

研究と応用展開をリードした二人の女性研究者

植物の低酸素応答の分子生物学的・生化学的な基礎研究から、インド、バングラデシュなどアジアの圃場へ貢献する。植物学者として、これほど充実感のある機会はそうはない。その研究をリードしたのは、米国の二人の女性研究者だった。

イネの育種遺伝学の専門家パメラ・ロナルド博士(カリフォルニア大学デービス校教授)と、植物の低酸素応答の分子生物学を専門とするジュリア・ベイリーセレス博士(カリフォルニア大学リバーサイド校教授)である。二人とも、私の近い同僚であり、学術誌の編集委員や各種委員会などを通して率直に意見を言い合える研究者仲間である。



このように、優れた女性研究者が存分に頭角を現すことができる分野にいる一人として、Sub1のもたらしたサクセスストーリーをととても誇らしく思うとともに、植物の研究者としての自分にとって彼女たちの存在は大きな励みとなっている。

論座 RONZA

外部サイト

- [大胆予想：医学生理学賞は「低酸素応答」の3人](#)
- [2015年ノーベル医学生理学賞はこれだ！](#)
- [洪水とともに生きるイネの驚異的な能力](#)

PR

<p>東国原氏の育毛剤が生えすぎ炎上「マジでフッサフサ」 AD(株式会社ビタブリッドジャ...)</p>	<p>映画の世界がよみがえる！最新技術で修復された「男はつらいよ」 AD(松竹株式会社)</p>	<p>おチビでも身長がぐんぐん伸びる?!某国立大学が発見した成長促進剤 AD(クラウドピア)</p>	<p>3枚刃ラムダッシュ愛用者の羽生善治が5枚刃ラムダッシュを使っ AD(ハナソニック)</p>
--	--	--	--

Recommended by

トピックス

- 主要 | 国内 | 海外 | IT 経済 | スポーツ | 芸能 | グルメ | 女子 | トレンド



