

1 粒のコメからの発展

穀物は人間という動物にとって最も重要なエネルギー資源であり、その栽培によっていくつもの文明が築かれてきました。とりわけ南・東アジア地域においてはイネがその役割を担ってきました。イネは我々の最も身近な栽培植物と言えます。イネは開花後、種子にでんぷんを蓄え、やがて稲穂を垂れるようになります。この過程を登熟と呼びます。たいへん興味深いことに、登熟の最終段階で、種子は自ら含有水分を減少させ、ガラス状態になります(これについては、馬越淳さんの丁寧な解説が『熱測定』に掲載されていますので(Netsu Sokutei 29(2), 58 (2002)), 参考にしてください)。人間はこの種子を収穫し蓄えます。一部の種子は翌春撒かれ、次世代のイネとして栽培されます。ガラス状態の種子は決して死んでいるのではなく、生きて時間が停止した状態にあります。多くの他の植物と同様に、種子は水に浸してやると、水を吸ってガラス転移温度が低下して、再び時計が動き始め、活動を再開することになります。このような発生の途中でガラス化し、活動を一時停止させる生活史は、環境変動への適応として、動植物を問わず広く地球上で観察される普通の生き様でもあります。

さて、本研究では、その発生が世界中で最もよく研究されている植物であるイネについて、玄米からの発芽の熱測定を行いました。試料は、農研機構遺伝資源センターから和歌山県産の水稲 *Oryza sativa* L. Meguro の粳を譲り受け、室温乾燥状態で保存しました。発芽培地には、イネ用に塩を配合した Chu(N6) 培地を調整し、これに細菌繁殖を抑えるための抗生物質を加えたものを用いました。粳は約 25 mg で、粳殻を除去した玄米は約 20 mg になります。試料は滅菌のため、次亜塩素酸ナトリウム 1 % 水溶液で洗浄した後、直ちに生物測定アンプル (3.5 mL) に投入し、熱測定を開始します。アンプル内には予め Chu(N6) 培地が 100 μ L が敷かれています。この手順故に、玄米が水に浸った直後の発熱は測定できませんが、浸漬熱と思われる大きな発熱は 25 $^{\circ}$ C で約 8 時間継続します (Fig. 1)。この発熱は、主に玄米の胚乳部分に水が浸透する過程による物理化学的なものであることが、胚の除去や無酸素での測定で確認されます。実際に、次亜塩素酸ナトリウム水溶液に浸した時刻を 0 時として、1 時から 8 時の全発熱はおよそ 30 J g⁻¹ になります。

浸漬熱が収まった後、酸素呼吸を伴う代謝による生化学的発熱が緩やかに立ち上がってゆきます。浸漬後 24 時間でこの発熱は約 9 μ W に達し、発芽の準備が完了します。この後約 1 μ W と約 6 μ W の 2 つの連続する 2 つの発熱の立ち上がり相次いで観測されます。完全に遮光され、酸素が十分に供給されている熱量計アンプルの中では、鞘葉より先に種子根が発芽します。種子根の発芽は 2 つ目の立ち上がりの後に確認されます。1 μ W の立ち上がりは発芽の何らかの前駆現象であると思われますが、現時点で不明です。

これらの生物学的発熱を帰属するために、胚乳を切除した種子(A)と、胚と胚盤を切除した種子(B)の熱測定を別々に行いました。その結果を Fig. 2 に示します。胚と胚盤は、浸漬熱をほとんど示しませんが、培地に浸した後に速やかに発熱が立ち上がり、22 時に最大値に達します。さらにその後、長時間一定の発熱を維持し続けます。この間、46 分周期の発熱の振動が起こり、42 時以降には振幅が大きくなるのが観測されます。完全な種子の場合には、活動を再開した胚は胚盤を通じて胚乳にジベレリンを分泌し、この化学信号によって胚乳の糊粉細胞はアミラーゼなどの酵素を分泌することが知られています。これら酵素により胚乳に蓄えられた栄養が溶かし出されて、発芽に必要なエネルギーや材料物質として胚に供給されます。しかし、胚乳を切除された種子では、これらの栄養の供給がないため、24 時以後アイドリング状態が続くものと考えられます。観測さ

れた発熱の振動現象は、この状態で形成される振動副反応系によるものと想像されます。実際、この系にグルコースを投与すると、発熱の振動が収まり、鞘葉と種子根が発芽することが確認されます。

一方、胚と胚盤を切除した種子(B)では、大きな浸漬熱の後、3時と8時にピークを持つ2つの独立した発熱が観測されます。その後、発熱は緩やかに増大し24時におよそ4 μW まで達します。胚の10倍の質量を持つ胚乳の発熱は胚の発熱よりも小さいけれども、胚乳は決して死んだ貯蔵細胞の塊ではなく、この発熱からちゃんと生きていることが確認されます。さらに、胚も胚乳も24時間で発芽の準備を完了させることが分かります。また、胚乳においても、28時以降に発熱の振動が観測されました。ただし、振動の周期は胚よりは長い72分でした。つまり、この振動は胚の振動と同調するようにはなっておらず、孤立した胚乳に起こる副反応による化学振動であると推察されます。

かくして、1粒の種子の発芽においても、熱測定は種子の中で起こる様々な事象を高感度、高精度、非侵襲で捉えることができることが示されました。今後の展開が期待されます。

(長野八久)

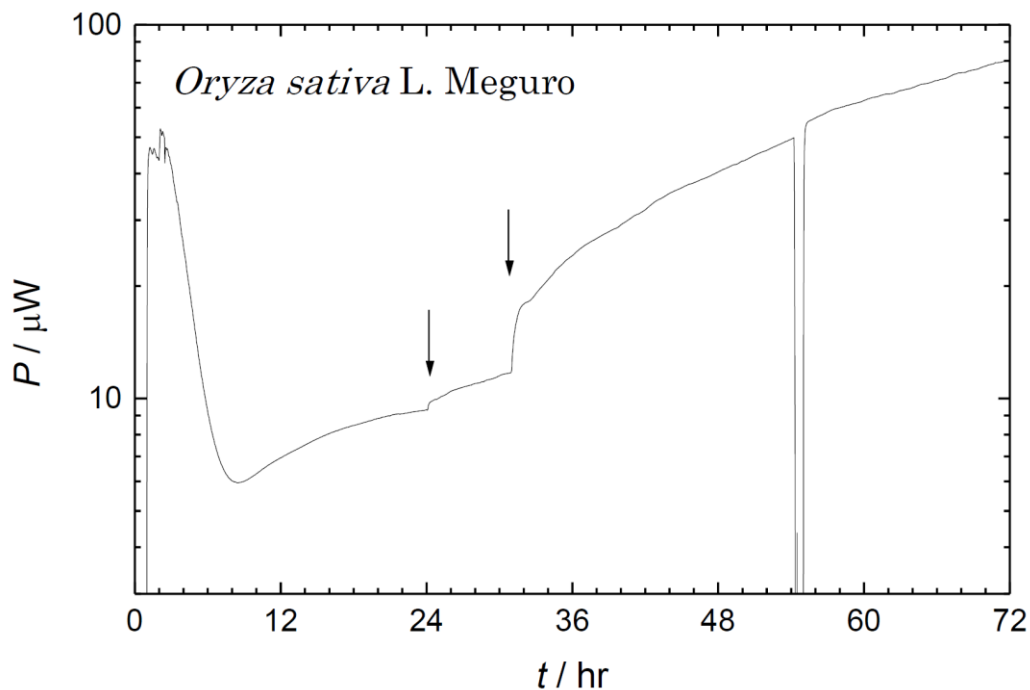


Fig. 1. Thermogenesis of seed germination of *Oryza sativa* L. Meguro at $T = 298.2$ K. Arrows indicate a couple of thermal rising up during a seed root emergence.

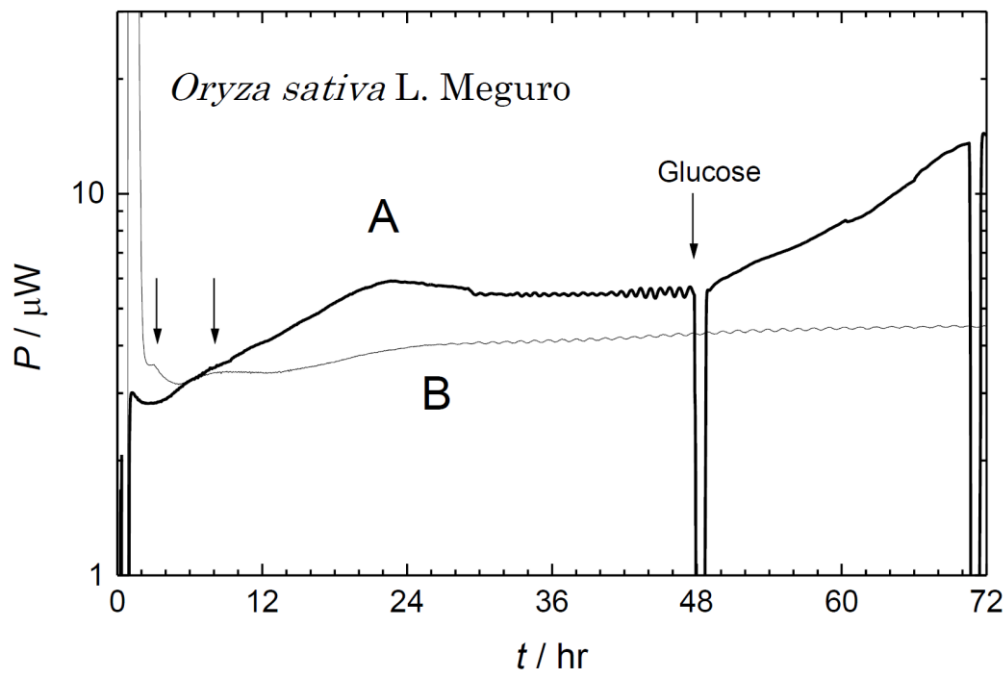


Fig. 2. Thermogenesis of an embryo (2.00 mg, A) and an endosperm (18.87 mg, B) at $T = 298.2$ K. D-(+)-glucose was fed to the embryo at $t = 48$ hr to induce germination. A series of thermogenesis was observed at $t = 3$ and 8 hr, following heat of immersion of the endosperm.