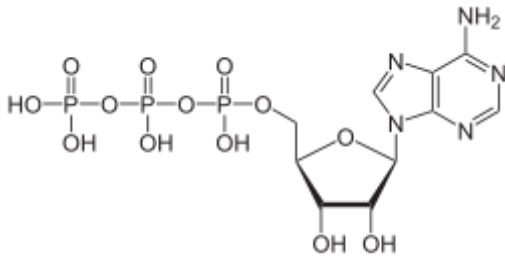


日本の水産物の高品質維持・加工技術について 第2回 「ATP と鮮度」

元 鹿児島大学 産学・地域共創センター 特任教授 木村郁夫

生体内の高エネルギー物質であるアデノシン三リン酸（ATP）は、あらゆる生物の運動・物質の代謝・合成などのエネルギー物質として重要な役目を果たしています。有名なのは $ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi$ （リン酸）の反応で、高エネルギーが出されることです。一方、生成した ADP はクレアチンリン酸により ATP が再生されます。生体内の ATP 濃度は、この反応によって一定濃度が維持されています。



(ATP)



魚の致死後、魚の状態は硬直（死後硬直）を起し、その後柔らかく（解硬）なります。この反応は致死後の ATP 濃度の減少が原因となっています。致死後に ATP→ADP で生成する ADP の ATP への再生をになうクレアチンリン酸濃度が低下し、ATP 濃度の低下が進みます。そうすると、筋収縮の引き金となる Ca イオン濃度をコントロールしている筋小胞体から Ca イオンが漏れ出し、残り少ない ATP を使って筋収縮（この場合は硬直反応）が起きます。死後硬直現象は一般には高鮮度の証として捉えられていますが、私の感覚では死後硬直=ATP 濃度の減少と考えてしまい、鮮度低下が進行していると判断します。鮮度については、取り扱う人によって評価が異なりますね。養殖物の市場評価においても、死後硬直前と後では大きく異なる場合があります。市場によっては、活けしめ後、市場まで輸送に時間がかかる場合は受け付けないこともあるようです。死後硬直により見かけ上筋肉は硬くなりますが、刺身としての物性は低下し柔らかくなります。致死後の死後硬直に関する状態変化は ATP 濃度の消長に影響されます。

「ATP とは？」

以上のように水産物の鮮度を考えるときに非常に重要な要素となる ATP については、科学的にも興味深いことがありますので、少し詳しく述べてみたいと思います。生体内の高エネルギーリン酸化合物に関する研究は、1920 年代（従って今から丁度 100 年ほど前）にヨーロッパのドイツあるいは米国、勿論日本でも盛んに行われていました。ATP は 1929 年にドイツのカイザー・ウィルヘルム医学研究所の Meyerhof, O の研究室の Lohmann, K と

米国のハーバード大学の Fiske, C. H と Subbarow, Y によって別々に単独で発見されました。Lohmann の論文の日付の方が約 2 ヶ月早いために、ATP 発見の栄誉は Lohmann のものとなりますが、両者の発見と書かれるようになっているようです。ATP の構造は図に示したとおりです。アデニンとリボースが結合した (アデノシン) に 3 個のリン酸が直列に結合した構造となっています。この 3 個のリン酸の結合がどの様になっているのかが最後の課題でした。この ATP の構造を最初に決定した論文は、当時の生化学誌の最高権威といわれたドイツ生化学誌 *Biochemische Zeitschrift* の第 278 号, 161-163 頁 (1935) に掲載されました。著者は大連病院の医師 牧野 堅でした。Lohmann の ATP 構造決定の論文は、同誌第 282 号, 120-123 頁 (1935) に掲載されました。論文受理日は丁度 6 ヶ月遅れでした。ATP 構造決定の栄誉は牧野にあったのですが、牧野の論文は Lohmann の論文には記載されていませんでした。科学史の興味深いところです。私はこの内容を松田 誠 慈恵医大名誉教授の論文¹⁾で知りましたが、当時の日本の研究者が世界に互して研究に取り組んでおられ素晴らしい成果を挙げていたことに感銘を受けました。

ATP の発見と生体内の役割が解明されるに従い、ATP の重要性が更に注目されることになりました。役割としては、例えば、筋収縮に係るミオシンタンパク質は ATP を加水分解して、アクチンタンパク質と相互作用し収縮します。筋肉タンパク質をエンジンとすると ATP はガソリンであり、化学エネルギーを機械エネルギーに変換する効率の良い装置であるといえます。そのほか、物質の能動輸送、生合成、代謝など重要な生化学的な反応を行います。私達が食事をしますが、エネルギー物質として ATP に変換し利用しています。生体内の濃度は、魚類では 5~10mM と高濃度に維持されています。

私が学生の頃に ATP と出会いました。新井健一先生の生化学学生実験で、魚肉から塩溶性タンパク質のアクトミオシンを調製し、アクトミオシン糸を作り、これに ATP を加えて収縮させたり、アクトミオシン溶液に ATP を加えて粘性変化を測定したり、アクトミオシンによる ATP の加水分解、ATPase 活性を測定したことです。筋肉から抽出したタンパク質が ATP により「動く」ということを経験し、これは面白いということで新井先生の研究室に入り、ミオシンタンパク質の研究を行いました。当時は、ミオシンの生化学的な性状を測定するための基質として ATP を使用していました。それこそ湯水のように使わせていただきました。実は、当時も今も ATP は高額な試薬で、何の不自由もなく研究をする環境を作っていた新井先生には改めて感謝の気持ちです。

「致死後の ATP 濃度を高濃度に高く保つことは可能でしょうか。」

ATP に関する基本情報はこの程度にして、水産物と ATP に関する話をすすめることにしましょう。致死後の筋肉中の ATP 濃度が高ければ死後硬直は遅れると初めに書きました。ATP 濃度が凡 1 mM 以下になると死後硬直が始まることを養殖ブリで経験しています。養殖ブリを用いた試験では、致死後の ATP 濃度は数時間でほぼ 0 になったり、13 時間後も 2~3 mM 程度維持されていたりすることがあります。後者の場合は、死後硬直が始まっていないので、高値で取引されることとなります。致死後の ATP 濃度を維持するポイントは、致

死時のストレスを如何に下げることであり、また、ATPase 酵素反応を抑制するために致死後の魚体温を急速に 10℃以下に下げること、(ただし、下げすぎると、冷却硬直を誘発してしまいますので、気をつけなくてははいけません) などです。

鹿児島には「首折れサバ」という商品があります。屋久島で釣り漁獲するゴマサバですが、11 月頃から春にかけて旬となります。釣りで漁獲後、活かした状態で漁港に戻り、一昼夜、蓄養して漁獲・輸送時に受けたストレスを低減後、首を折って即殺し放血処理をしながら氷冷した海水中で体温を少し下げ、新聞紙に包んで、冷蔵庫で保存処置をしたものを「首折れサバ」といいます。この処置により、朝

活けしめして、夜、食事をするとき死後硬直前の状態で刺身として食べることが出来ます。つまり、「首折れサバ」は死後硬直前のゴマサバということになります。これは、とっても美味しいサバの刺身で、鹿児島大学に赴任して初めてサバの刺身を食べてビックリした記憶があります。後で、より詳しく書きます



首折れサバ刺身

が、私は北海道出身なので、サバを生の刺身で食べる習慣が無く、初めての経験でした。なお、死後硬直を起こしてしまうと「首折れサバ」の特徴(こりとした触感)が無くなってしまいます。いままで記してきた内容から ATP 濃度に関係した「鮮度」管理はとっても大切であることがお判りのことと思います。



(首折れサバ刺身)



(熱拘縮)

写真は首折れサバ刺身を鍋で「しゃぶしゃぶ処理」した時の状態を示した。「洗い」現象(熱拘縮)を起こし、ATP が存在している刺身であることが判ります。

「なぜ、ATP に注目しているのか。」

ATP は生命の維持に不可欠な物質であり、生体内の濃度は一定に保たれています。生体内濃度が一定に保たれているのも不思議ですね。致死後に ATP 濃度を一定に保つ仕組みが壊れて ATP 濃度が低下し始めると、死後の魚体で様々な状態変化が進行し始めます。これだけでも ATP は「鮮度」を語る上で重要な物質であることがお判りになると思います。さらに、最近では「熟成」刺身などの商品情報もあります。次回には、これら ATP と鮮度にまつわる内容について更に掘り下げて紹介したいと思います。