

サメの活用から気仙沼の復興を目指す

野村 義宏^{1*}・遠藤健一郎²・高橋 滉²

2011年3月11日（金）午後2時46分、三陸沖を震源とする地震が発生し、それに伴う津波によりサメの水揚げ地である気仙沼も甚大な被害を受けた。震災から2年を迎え、市場の整備が徐々に進んでいるが、魚の加工場や保冷倉庫の改築・新設がどうにか始まった状況だ（図1）。当研究室では、気仙沼の水産加工会社の協力を得て、サメのゼロエミッションを目指した研究開発を行ってきた。気仙沼の復興を願って、サメの魚体の50%を占める肉、もっとも使いにくかった皮、軟骨の新しい活用法を中心に研究をまとめた。

サメを取り巻く環境

サメはヒレ部分が高級食材（フカヒレ）として珍重されるものの、日本以外の国ではヒレのみを残して海洋投棄する（いわゆるフィニング）問題が存在している。サメ・エイ類の年間水揚げ量はFAQ（国連食糧農業機関）の調査によると、2003年に約80万トンに達しており、動物性タンパク質資源としての有効活用技術が求められている。しかし、鮮度低下に伴う独特のアンモニア臭を持つことが障害となり、サメの有効利用が進まない原因となっていた。

宮城県気仙沼港には、年間10,000トン前後のサメ類

が集約的に水揚げされ、サメを加工する企業が集まっている。サメ肉は下級食材という認識であり、魚肉練り製品の補助材として利用されてきた。その意識改善を目指し、宮城県気仙沼地方振興事務所を中心として、サメ肉を有効に活用しようと地産地消を目的とした商品開発に取り組んできた。気仙沼ではフカバーガーなども開発されている。図2にサメの利用部および製品例を示した。日本国内では、一部の内蔵を除き、サメの大部分が利用されている^{1,2)}。

東日本大震災による被害で港湾機能、冷凍倉庫、加工工場が壊滅的な被害を被り、最近どうにか復興の兆しが見えてた。しかし、産業再生の道筋が明確ではなく、民間の自助努力により復興が進められているのが現状である。

サメを取り巻く状況は、決して芳しいものではなく、有名ホテルがフカヒレ料理を使わないという方針も打ち出された。また、サメの種類によって絶滅危惧品種として漁獲規制がかけられており、その枠の拡大が国際会議で提案されている。サメの魚獲に対しても資源管理が重要であり、アブラツノザメの乱獲による天然資源減少を抑制し、バランスのとれた地球環境に配慮した漁業を目指した取り組みが始まっている。獲ったもの勝ちではない、育て、管理できる漁業を目指したものだ。青森県の



津波が押し寄せている 2011.3.11



震災後の市場 2011.4.1



震災直後の港周辺 2011.3.18



震災後の港周辺 2012.8.12

図1. 震災後の気仙沼港周辺

* 著者紹介 ¹東京農工大学農学部附属硬蛋白質利用研究施設（准教授） E-mail: ny318@cc.tuat.jp
²(株)中華

「ふか」にムダなし！ さめに隠された驚異のチ-カ-ラ

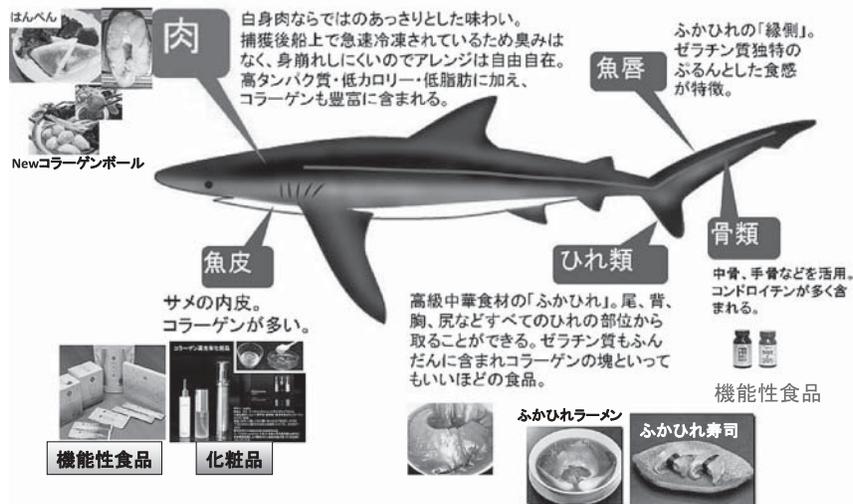


図2. サメの利用部位および商品例

サメ加工業者である田向商店と資源調査に協力的な生産者である三厩漁業協同組合、水産総合研究センターとの協働による資源管理のための資源調査と、資源管理漁業を実施し、科学的資源調査を基にした資源量設定、管理漁業方法と漁獲枠の設定を行う予定で研究が進められている。

また、気仙沼で水揚げされるサメは、ハワイ沖で漁獲されているのにもかかわらず、福島原子力発電所の事故に伴う水産物の放射能汚染の問題もあり、水揚げされた魚の放射能検査を行っている。魚種によっては廉価販売を強いられているのが現状だ。

サメ皮の利用

最初に手掛けたのは、サメ皮をなめし、革を製造することである。高級バック、財布、ベルトなどに加工されている。この仕事は、主に都立皮革技術センターと宮城県産業技術総合センターで行われたもので、現在は(株)メルセンがサメ革を供給し、販売されている。

次にコラーゲンの大量製造方法の確立¹⁾。陸生動物のコラーゲン溶液の変性温度が37°C付近であるのに対し、サメ皮由来コラーゲンでは25°C付近である。マリンコラーゲンの実験室レベルでの精製は、温度管理さえできていれば容易にできる。しかし、商業レベルでの製造では、製造コストの問題もあり、室温での操作が基本になる。サメの臭いの原因は、主に肉部分に由来することが多く、新鮮な状態で肉部分の物理的な除去が重要になる。次に問題になるのは、サメ皮に特徴的な楯鱗(黒

皮)の除去である。この黒皮を綺麗に除いておくことで最終製品である化粧品用途のコラーゲンが精製できることになる。精製した真皮を細切し、低温で酸溶媒により抽出、塩析、酸溶媒に再溶解、脱塩した後に凍結乾燥することで、スポンジ状のコラーゲンを調製することができる。このサメ皮由来コラーゲンをサクシニル化することで、化粧品用途に利用することが可能になった³⁾(図2)。

コラーゲンの工業規模での製造が可能になったことから、機能性食品としての効果の検証と、化粧品としての効果の検証を行った。サメ皮由来コラーゲンの骨粗鬆症改善効果に関する研究を行い報告している⁴⁾。卵巣摘出したラットを低タンパク食で飼育することで骨粗鬆症を誘導し、このモデルにサメ皮由来コラーゲンを投与することで骨密度が改善されることが明らかとなった。また、自然発症型変形性関節症モデルであるモルモットにサメ皮由来コラーゲンを投与することで、関節疾患症状が改善することも報告している⁵⁾。これらの研究から、サメ皮由来コラーゲンが運動器症候群(ロコモティブシンドローム)の改善を期待できる機能性食品として紹介することができた⁶⁾。

また、コラーゲンを塗布することによる皮膚への効果を検証するため、ヘアレスマウスに6週間紫外線照射することで皺を形成させた後、コラーゲン溶液を塗布した。図3に背部皮膚の組織像および表皮厚を示した。紫外線照射により表皮の肥厚が確認できており、コラーゲン塗布(SC)群および加水分解コラーゲン塗布(HC)群で肥厚が抑制されていた。背部皮膚における皺が目立たな

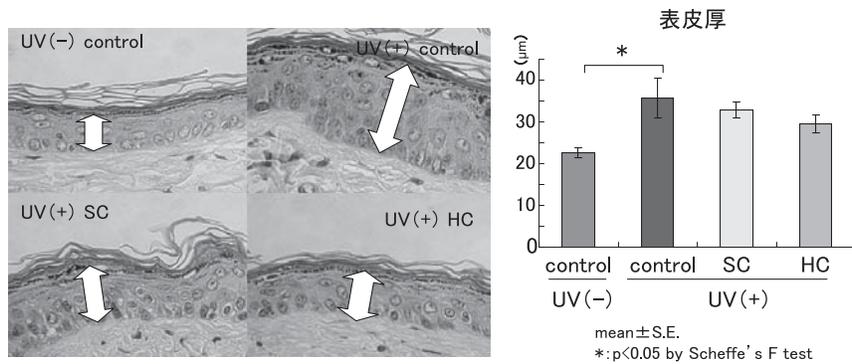


図3. コラーゲンを塗布した紫外線照射ヘアレスマウスの皮膚組織像およびその表皮厚。SC, サクシニル化コラーゲン；HC, 加水分解コラーゲン。

くなっており、紫外線照射により傷んだ皮膚が、コラーゲンを塗布することで改善することを示している。

サメ軟骨の利用

サメ軟骨のコンドロイチン硫酸は、コンドロイチン6硫酸や多硫酸化されているのが特徴である。医薬品素材のコンドロイチン硫酸は、軟骨由来のプロテオグリカンのコアタンパク質からコンドロイチン硫酸鎖を切断し、分離・精製したコンドロイチン硫酸エステルナトリウムである。コンドロイチン硫酸は、医薬品、化粧品、および一般市販薬であり、変形性関節症などの改善薬や機能性食品としても市販されている⁷⁾。軟骨を酵素処理などで可溶化したままで精製をあまり行っていない物が、コンドロイチン硫酸ペプチド（あるいはコンドロイチン硫酸タンパク質）であり、コラーゲンペプチドやその他軟骨由来成分を含み、機能性食品として用いられている。

サメ軟骨抽出物ががんの転移を抑制したというFolkmanらの報告⁸⁾以降、サメ軟骨粉砕物ががんの憎悪を抑制する健康食品として市販されてきた。佐藤らは、サメ軟骨抽出物が膀胱がんモデル実験においてがんの進行を抑制したと報告⁹⁾しており、がん患者のQOLを高める機能性食品としても注目されている。

サメ肉の利用

サメ魚体の50%を占めるのが肉であり、魚種によっては、そのままステーキや煮物として利用されている。サメ肉は、魚肉練り製品の補助食材として利用されている。しかし、成分表示義務の必要から魚種を明記する必要があるため、練り製品にサメ肉を使用することが商品価値を下げる（安価な魚肉を混ぜていると消費者が錯覚・誤解する）という思惑があり、あまり利用されなくなっている。そこで、サメ肉の機能性を探求したところ、骨質を高める効果を認めた。骨粗鬆症モデルラットにサメ肉

を与えた群において骨密度の有意な増加を認めている¹⁰⁾。特許として権利化できている、サメ肉の消費拡大に利用して行きたいと考えている。

最後に（今後の展望）

サメは縄文・弥生時代の遺跡からも出土しており、古くから食材として利用されている。奈良時代には伊勢神宮へ献上品として登場している。現代では、‘はんぺん’や魚肉練り製品の増量剂的な使われ方が多く、主役になることはないようだ。

国内に水揚げされるサメに関しては、漁獲量調査と並行してフィニングにも目を光らせており、魚体すべてが水揚げされている。世界の海で可食魚が減少している現状において、サメも有効な資源だ。サメの認知度を高めるためにも、魚体の50%を占める肉の効用を解明して行きたいと思う。

最後になったが東日本大震災により、東北地方の港湾設備が壊滅的な打撃を受けている。また、漁場の変動や放射能汚染の問題も心配されており、今後の復興に向けた取組みが重要になってくる。少しでも復興の役に立てよう研究を進めて行きたいと思う。

文 献

- 1) 野村義宏：コラーゲンの製造と応用展開，p.91，シーエムシー出版（2009）。
- 2) Nomura, Y.: *More efficient utilization of fish and fisheries products*, p.147, Elsevier (2004).
- 3) 野村義宏：生物工学，**87**, 452 (2009)。
- 4) Nomura, Y.: *Nutrition*, **21**, 1120 (2005)。
- 5) Atsugi, T.: *Animal Cell Technology*, 459 (2002)。
- 6) 渡部陸人：バイオインダストリー，**1**, 28 (2011)。
- 7) 野村義宏：臨床透析，**24**, 1799 (2008)。
- 8) Langer, R.: *Science*, **193**, 70 (1976)。
- 9) Sato, K. *J. Agric. Food Chem.*, **60**, 940 (2012)。
- 10) 特許第4998880号，骨粗鬆症予防または改善剤。