

Influence of blood deposition phenomenon on quality of ordinary muscle in yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) during storage

血液就下現象がブリ普通筋の保存中における肉質に及ぼす影響

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

蔣 彤

鮮魚の流通において、その取扱量は年々増加するなか、天然魚の取扱量は養殖魚を大きくしのいでいる。日本における旋網と引き網漁業は多獲性回遊魚を対象とした漁法とされ、それら漁獲高からみると日本の中心的漁業として位置づけられている。旋網等で漁獲された魚は、魚倉に収容され、そのなかの低温海水や水氷により低温ショックや苦悶の状態で致死に至り、そのまま魚市等での水揚げまで保存される。これらの過程で、漁獲魚は一般に致死後、脱血処理をされず、日本独特の魚市における習慣的で、頭部を左に（すなわち魚体の右側部を下方に、左側部を上方に）して箱に並べて流通されている。これら脱血死されなかった魚体は致死後、血圧が下がり、体内の血液が重力の作用で魚体下方に集まる血液就下現象を生じる。そのため魚体の下方、すなわち右側部に血液が溜まった状態で保存されていると考えられる。この血液分布の違いは、魚体の上方と下方において肉質軟化の違いを発生させると考えられた。ところで、一般的に魚肉軟化の主な原因は組織内プロテアーゼ等による筋原線維タンパク質や細胞外マトリックス(EMC)構成成分などの分解に起因するといわれている。筋原線維タンパク質については普通筋中のミオシン重鎖とZ線の分解が魚筋肉の死後の肉質軟化に関与していること、EMCについては主要構成成分であるコラーゲンのI型が分解されることや保存中にV型が可溶化することが知られている。そこで本研究では、ブリ普通筋の肉質に及ぼす血液就下現象の影響について、保存中に血液が集中する右側部と集中しない左側部の肉質の点から検討した。(第一章)

第二章では、血液就下現象がブリ普通筋の保存中における肉質に及ぼす影響を物性とミオシン重鎖に着目して検討した。試料魚には養殖ブリを用い、出血しないように苦悶死させて血液就下現象を生じさせた魚体を実験群、延髄刺殺・脊髄破壊後に脱血処理した魚体を対照群とした。各試料魚を10℃保存し、経時的に普通筋の感覚色度（赤さ：a*値）とヘモグロビン含量を測定し、血液就下現象の発生を確認した。また、経時的に普通筋の物性値（破断荷重）、普通筋と血液のカテプシン様酵素活性を測定し、血液由来の酵素活性とミオシン重鎖の分解を検討した。その結果、a*値とヘモグロビンの含量は、保存時間を通じて実験群の下側が実験群の上側、対照群の上側・下側より高く、実験群では血液就下現象が確認された。破断荷重は、保存期間を通じて実験群の下側が他よりも低かった。また対照群の上側と下側ともに、保存4時間目ではイムノブロッティングによるミオシン重鎖の分解は認められなかったが、実験群では4時間目からミオシン重鎖の分解が認められ、保

保存時間を通じて下側の分解の程度は上側より大きかった。一方、普通筋のカテプシン B とカテプシン B+L 様活性は実験群の下側が上側より高く、白血球画分の両活性は赤血球や血漿より高かった。以上より、出血しないように苦悶死させたブリでは、保存中に血液就下現象が発生して下側の肉質軟化現象が速く進行し、その軟化には血液就下現象による白血球由来のカテプシン等の酵素群に起因するミオシン重鎖の分解が関与すると考察された。

第三章では、血液就下現象がブリ普通筋の保存中における筋原線維タンパク質の変化および微細構造の変化について検討した。すなわち、試料魚にブリを用い、第二章と同様の実験群と対照群に分けて 10°C 保存し、保存中における普通筋の K 値と Z 線を構成する α -アクチニンの変化を調べるとともに、透過型電子顕微鏡にて微細構造の変化を観察した。その結果、K 値上昇率は、実験群の上側と下側、あるいは対照群の上側と下側で違いを認めなかった。カテプシン B 様活性は、保存 4、24 時間目で実験群の下側が上側より有意に高かった。免疫ブロッティングによる α -アクチニンの分解は、実験群の下側が上側より大きく、透過型電子顕微鏡観察による Z 線の断裂や筋小胞体の崩壊も速かった。以上より、血液就下現象による下側への血液分布の増加は、白血球由来のカテプシン等の酵素群の分布に影響を及ぼし、ひいては α -アクチニンや筋小胞体の構造崩壊を加速させ、保存中における普通筋の肉質低下を引き起こすと考えられた。

第四章では、血液就下現象による肉質軟化機序の解明のため、筋内膜構造に着目し、保存中における EMC の分解に及ぼす影響に検討を行った。すなわち、養殖ブリを用い、前章までと同様の実験群と対照群に分けて 10°C 保存し、経時的に光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡にて普通筋の EMC を観察した。また、経時的に普通筋の破断荷重、普通筋と血液のゼラチン分解酵素活性を測定し、コラーゲンの分解を検討した。その結果、形態学的にみた EMC の構造崩壊は、保存時間を通じて実験群の下側が他よりも大きく、破断強度は、保存時間を通じて実験群の下側が最も低かった。一方、保存 96 時間目におけるゼラチン分解酵素活性は、実験群の下側が最も高く、そのコラーゲン含量は少なくなっていた。以上から、血液就下現象による下側への血液分布の増加は、保存中における普通筋のコラーゲン分解を加速すると考えられた。

第五章では、本研究の結果を総合的に取り纏めるとともに総合考察を行った。そのなかで、魚類の血液就下現象の発生時における魚体下側への血液分布の増加は、K 値からみた化学的鮮度変化には大きく影響はしないと考察された。しかしながら、本現象は保存中における肉質軟化を加速すると考えられた。さらに、その肉質軟化は、血液中の白血球由来のカテプシン類やゼラチン分解酵素等による筋原線維の分解と筋細胞内小器官の崩壊に加え、EMC の崩壊、特に筋内膜の主要成分であるコラーゲン線維の分解の双方に起因すると考察された。