

福島県沿岸における底魚 3 種の放射性セシウム濃度の 経時変化と体サイズおよび年級との関係

鈴木 聡・山田 学・佐久間徹

Relationship of Body Size, Year-class, and Radioactive Cesium Concentration and
Its Chronological Change on Demersal Fish in Coastal Fukushima

Satoshi SUZUKI, Manabu YAMADA and Toru SAKUMA

ま え が き

2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所（以下、1F）の事故により、大気および海洋中に多量の放射性物質が漏出した。そのため、福島県を含む周辺海域においてこの事故由来の放射性物質により様々な水産生物が汚染された。事故以降、福島県における魚類の放射性セシウムの汚染状況は根本ら¹⁾により以下の 3 点が報告されている。①1F 以南の水深 50m 以浅の海域で最も汚染が大きい。②沖合性や回遊性の魚種、魚類以外の海産生物では放射性セシウム濃度が低く、沿岸性でかつ定着性の強い魚種で高い。③セシウム濃度は経時的に低下傾向を示すが、その速度は魚種により異なっている。こうした濃度とその低下速度の違いには世代交代や分布、移動、成長などの生態的な差異が起因していると考えられる。

そこで、本研究では福島県沿岸の底魚類において魚種間の生態的な差異、特に体サイズや年齢（年級）に着目し放射性セシウム濃度との関係を整理、解析した。

材料および方法

試料は 2011 年 4 月 7 日より開始された緊急時環境放射線モニタリング（以下、モニタリング）により採取されたものを用い、本研究では 2015 年 9 月末までのデータを扱った。試料は漁業者の協力によって漁船から得られたものと震災後に水産試験場が独立行政法人水産総合研究センター（現、国立研究開発法人水産研究教育機構）から借用した「こたか丸（59 トン）」、福島県水産試験場漁業調査指導船「拓水（30 トン）」および 2014 年 11 月に就航した「いわき丸（189 トン）」により採取されたものを用いた。

本研究で対象とした魚種は、2015 年 9 月末時点でモニタリング結果の放射性セシウム 137 濃度（以下、137Cs 濃度）が比較的高く、時間による濃度の低下も緩やかな沿岸漁業の有用魚種であるイシガレイ *Kareius bicoloratus*、シロメバル *Sebastes cheni*、マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* の 3 魚種を選定した。採取方法は底びき網やさし網、釣り、はえなわなどで、それぞれの採取時刻や緯度経度、水深などの情報も各船舶で記録されている。採取された魚介類は当水産試験場の実験室に搬入し、体長や体重などのサイズや肝臓重量、生殖腺重量、胃内容物重量、胃内容物種類等を計測した後、可食部のみを検体とした。検体に用いた尾数は 100g 以上の採肉が可能なもの

については原則1検体1尾とし、不足する場合は複数の個体を合計約100gになるように均等に混合した。また、個体差を評価するため、同一日同一場所で1魚種につき複数尾が採取された場合は、個体別に測定・処理した。個体別に測定したもののうち、耳石の表面観察などにより年齢を査定した。なお、いずれの魚種も1月1日を年齢査定 of 起算日とした。本研究ではこのようにモニタリングに供された検体と個体別に測定された検体をそれぞれ別のデータとして扱った。

モニタリング検体は財団法人日本分析センターあるいは福島県原子力センター福島支所、福島県農業総合センターで、個体別測定は当水産試験場において、ゲルマニウム半導体検出器により放射性セシウム134及び137のガンマ線を計数した。計数は、U8容器に約100gの検体を入れておよそ2,000~54,000秒間測定した。このため検出下限値（以下、ND）は検体により大きな違いがあるが、モニタリングでの測定時間は2,000秒で統一しており検出下限値はセシウム134、137ともに6~9Bq（/kg-wet、以下同じ）である。

各魚種について測定された放射性セシウム濃度と体サイズおよび年級との関係について時系列に沿って整理した。対象とする放射性セシウム濃度はNDとなることが少ない放射性セシウム137（¹³⁷Cs、以下同じ）とし、体サイズは全長（mm）を用いた。

結 果

放射性セシウム137濃度の経時変化

1) イシガレイ ¹³⁷Cs濃度の最大値は原発事故から1年半以上経過した2012年10月に採取された個体の775Bqで、それ以降はNDの検体数が年々増加しており、2013年から2015年においてモニタリングにより採取されたもののうちそれぞれ約39.3%、60.3%、73.0%がNDであった。しかしながら、100Bqを超える検体が2015年3月まで散発的に確認された（図1-1）。NDを除いた年別の¹³⁷Cs濃度平均値は2011年から2015年までそれぞれ126.0Bq、76.7Bq、40.3Bq、34.9Bq、22.8Bqであり、経年的な濃度低下が確認された。

2) シロメバル ¹³⁷Cs濃度の最大値は2012年1月に採取された個体の1,800Bqで、2012年11月まで1,000Bqを超える検体が複数回確認できたが、その後は徐々に濃度の低下がみられた（図1-2）。NDを除いた年別の¹³⁷Cs濃度平均値は2011年から2015年までそれぞれ314.4Bq、209.9Bq、120.5Bq、53.3Bq、27.3Bqであった。2015年2月以降100Bqを下回りはじめ、NDの検体数も増加した。2014年および2015年においてモニタリングで採取されたもののうちそれぞれ約19.0%、32.0%がNDであった。

3) マコガレイ ¹³⁷Cs濃度の最大値は2012年2月に採取された個体の1,500Bqで、NDを除いた年別の¹³⁷Cs濃度平均値は2011年から2015年までそれぞれ111.4Bq、74.6Bq、29.7Bq、21.3Bq、14.6Bqであり経年的な濃度の低下がみられた。2013年3月以降から多くの検体で100Bqを下回りはじめ、2013年から2015年までにモニタリングにより採取されたもののうちそれぞれ約31.7%、56.1%、66.5%がNDであった。（図1-3）。

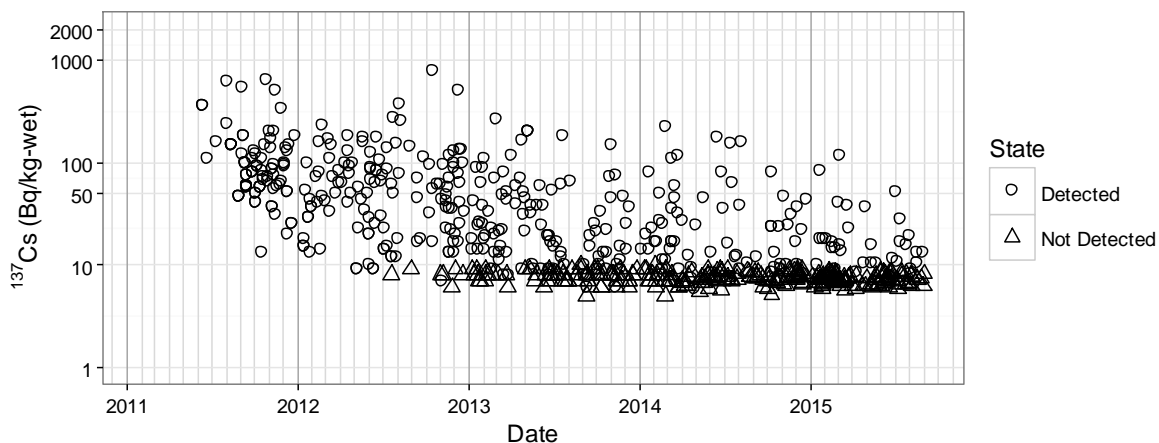


図 1-1 イシガレイの放射性セシウム 137 の推移

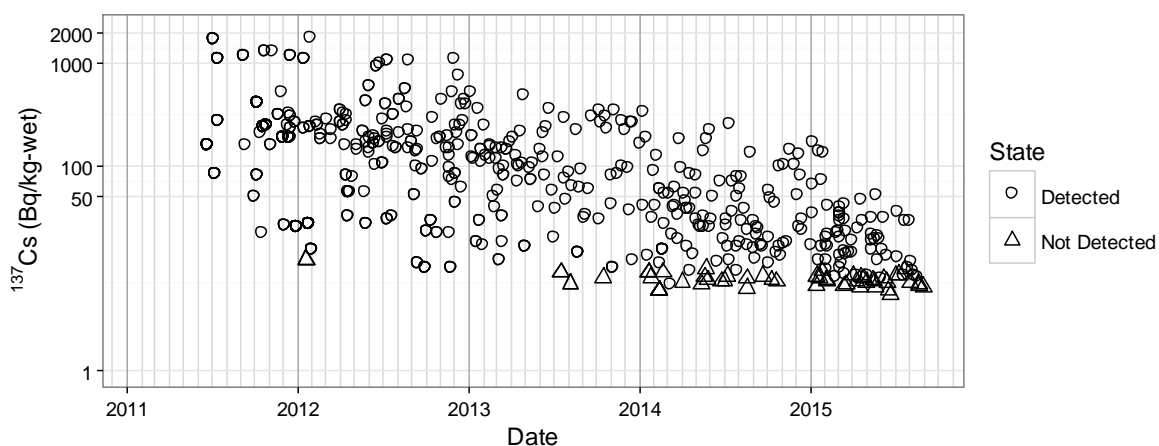


図 1-2 シロメバルの放射性セシウム 137 の推移

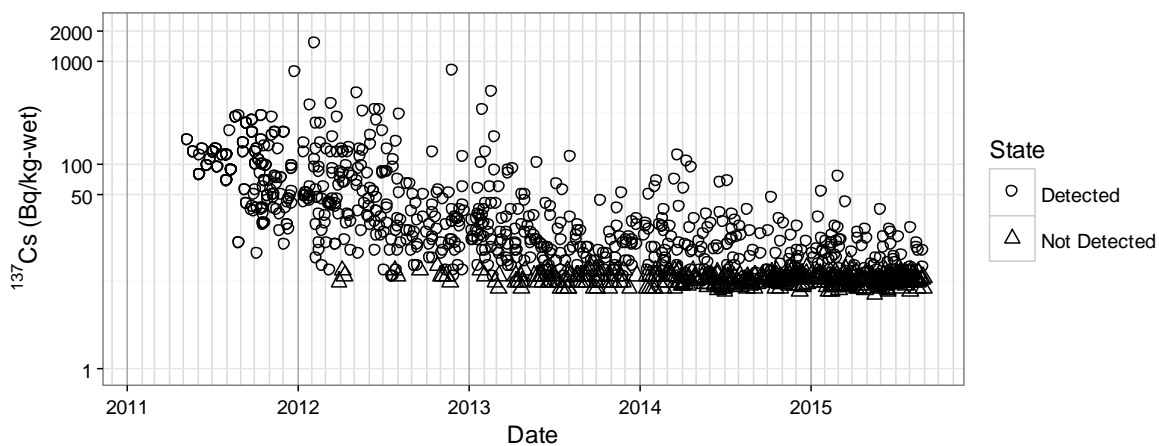


図 1-3 マコガレイの放射性セシウム 137 の推移

体サイズと放射性セシウム 137 濃度の関係およびその経時的変化

1) イシガレイ 2011 年においては体サイズや雌雄によらず高い ^{137}Cs 濃度を示していたが、2012 年においてはオスおよび小型のメス（全長 300~400mm）で 50Bq 以下もしくは ND の検体数が増加していることが認められた。2013 年以降は、全長 450mm 以上のメスで 50~390Bq という比較的高い ^{137}Cs 濃度が検出されているが、全長 450mm より小さいサイズでは雌雄を問わず濃度は低かった（図 2-1）。

2) シロメバル イシガレイと同様に 1F の事故直後である 2011 年においては体サイズや雌雄によらず 100Bq を超える高い ^{137}Cs 濃度を示していたが、2012 年～2013 年においては全長 150～200mm 前後の個体で 50Bq 以下もしくは ND の個体が確認された。2014 年において 100Bq を超えたのは雌雄ともに全長 300mm 前後の個体であり、2015 年では 1 月に全長 259～276mm のオスで 100Bq を超えたが、それ以降では 50Bq 以下や ND の検体が多くを占めていた (図 2-2)。

3) マコガレイ 2011 年においては他の魚種と同様に、体サイズや雌雄によらず高い濃度を示していたが、2012 年にはサイズが大きいほど ^{137}Cs 濃度が高く、小さいものでは低いか ND が多いという関係がみられた。2013 年以降は全長 500mm 前後のメスで 100Bq を超える濃度を示す個体がみられるが、その後は徐々に低下しており、2015 年には 50Bq 以下もしくは ND の検体が増えていた。また、オスでは 2013 年 2 月に全長 350mm で 156Bq が検出されて以降、100Bq を超える検体は観察されていない (図 2-3)。

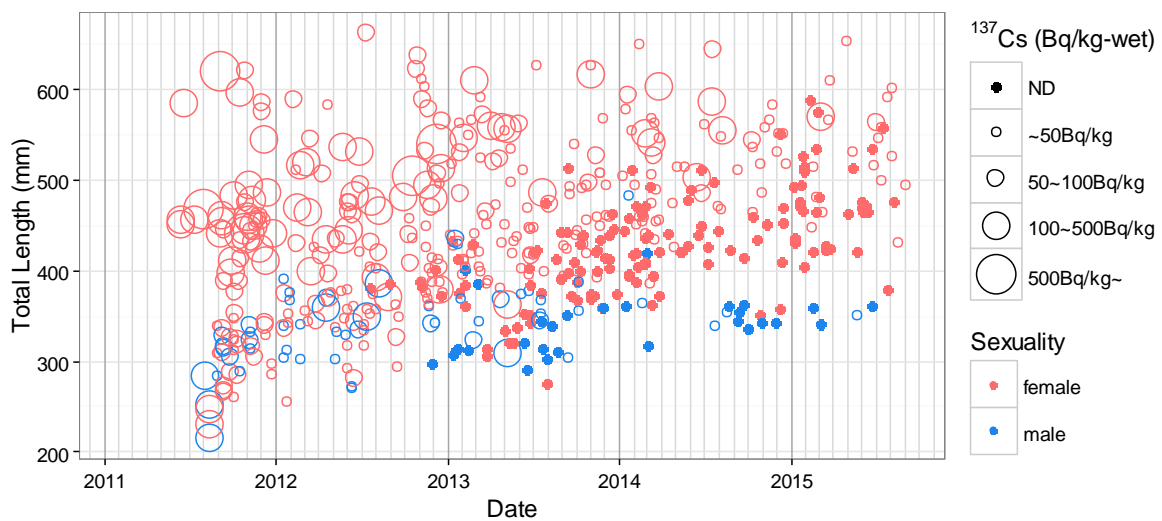


図 2-1 イシガレイの放射性セシウム ^{137}Cs 濃度と全長の推移

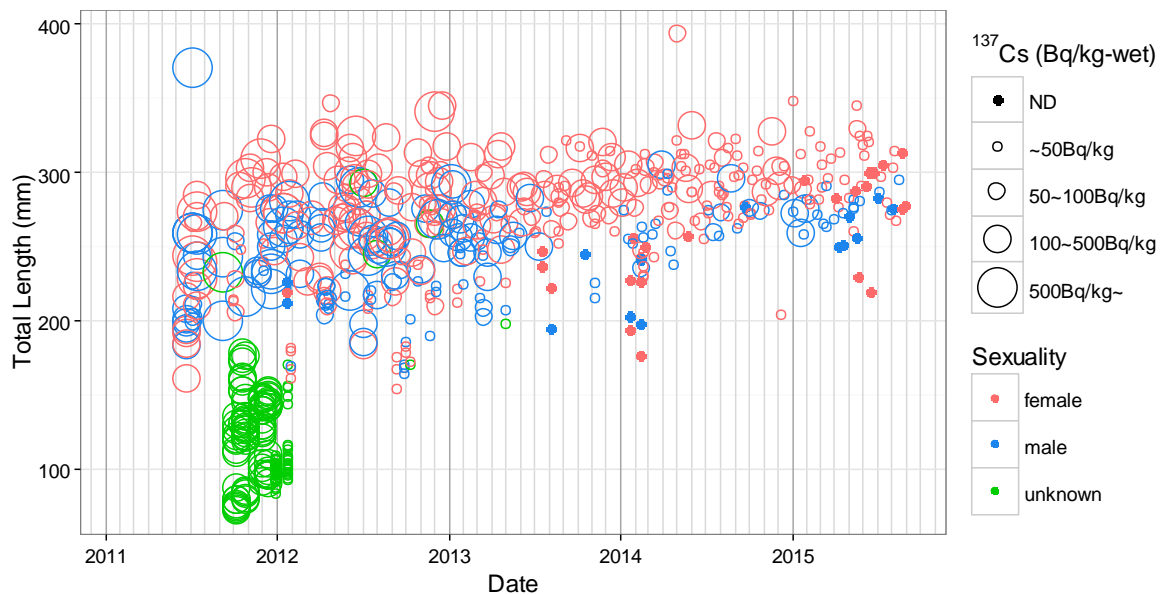


図 2-2 シロメバルの放射性セシウム ^{137}Cs 濃度と全長の推移

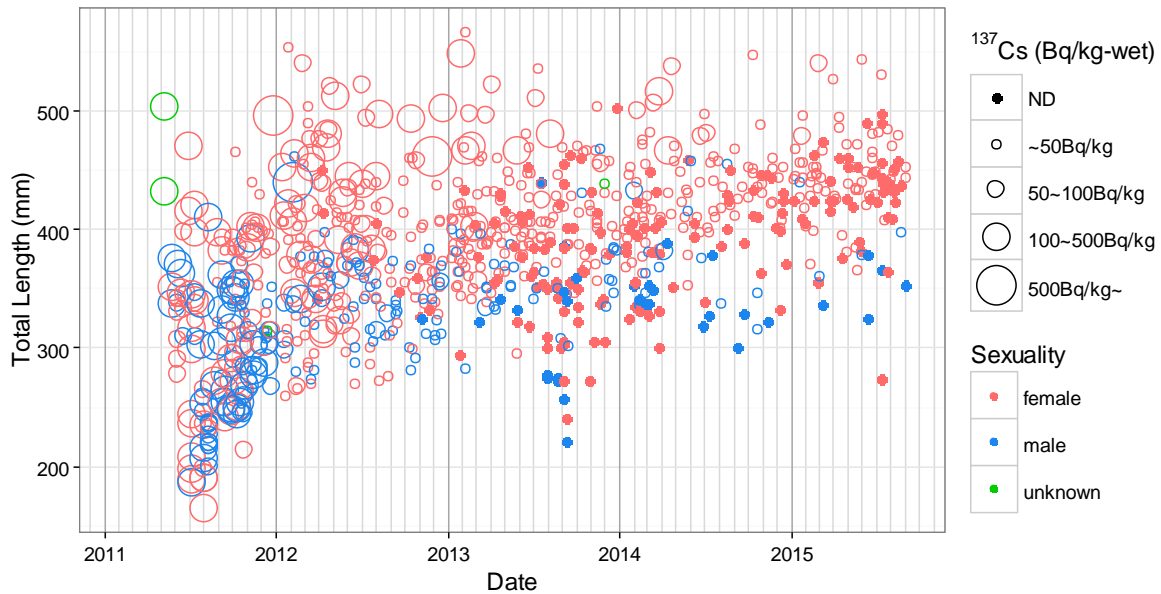


図 2-3 マコガレイの放射性セシウム 137 濃度と全長の推移

年級別の放射性セシウム 137 濃度の経時変化

- 1) イシガレイ 個体別に測定したもののうち年齢査定がなされたデータは 97 個体であり、年級別では 2008 以前年級が 17 個体、2009 年級が 8 個体、2010 年級が 69 個体、2011 年級が 3 個体であった。ND を除いた ^{137}Cs 濃度は 2008 以前年級では 4.4~612Bq、2009 年級では 14~110Bq、2010 年級では 3.9~178Bq、2011 年級では 16~29Bq であった。特に 2011 年級（震災時 0.25 歳）の ^{137}Cs 濃度が低い傾向にあり、すべての検体で 100Bq を下回っていた（図 3-1）。
- 2) シロメバル 個体別に測定したもののうち年齢査定がなされたデータは 244 個体であり、年級別では 2006 以前年級が 59 個体、2007 年級が 36 個体、2008 年級が 70 個体、2009 年級が 21 個体、2010 年級が 27 個体、2011 年級が 11 個体、2012 年級が 17 個体、2013 年級が 2 個体、2014 年級が 1 個体であった。ND を除いた ^{137}Cs 濃度は 2006 以前年級では 8.9~1,310Bq、2007 年級では 9.3~1,570Bq、2008 年級では 8.4~1,150Bq、2009 年級では 8.4~375Bq、2010 年級では 5.1~182Bq、2011 年級では 4.3~87.2Bq、2012 年級では 3.6~8.1Bq、2013 年級では 3.2~5.8Bq の範囲にあり、2014 年級では 3.4Bq であった。年級が新しいほど ^{137}Cs 濃度が低く、特に 2011 以降年級でその傾向が明瞭であった（図 3-2）。
- 3) マコガレイ 個体別に測定したもののうち年齢査定がなされたデータは 356 個体であり、年級別では 2006 年級が 2 個体、2007 年級が 1 個体、2008 年級が 6 個体、2009 年級が 12 個体、2010 年級が 265 個体、2011 年級が 68 個体、2012 年級が 1 個体、2013 年級が 1 個体であった。ND を除いた ^{137}Cs 濃度は 2008 以前年級では 12~97Bq、2009 年級では 16.3~156Bq、2010 年級では 3.6~128Bq、2011 年級では 3.4~36.8Bq の範囲にあり、2013 年級では 3.7Bq であった。他の魚種と同様に ^{137}Cs 濃度は 2008 以前年級~2010 年級で高く、2011 以降年級で低かった（図 3-3）。

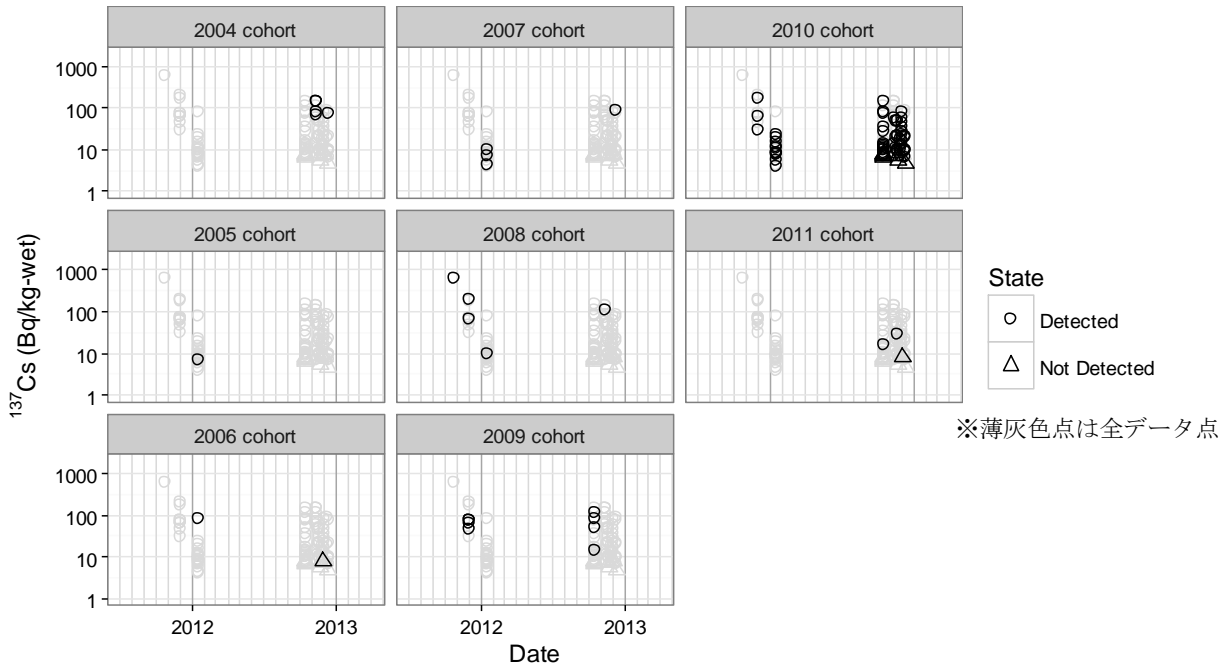


図 3-1 イシガレイにおける年級別の放射性セシウム 137 の推移

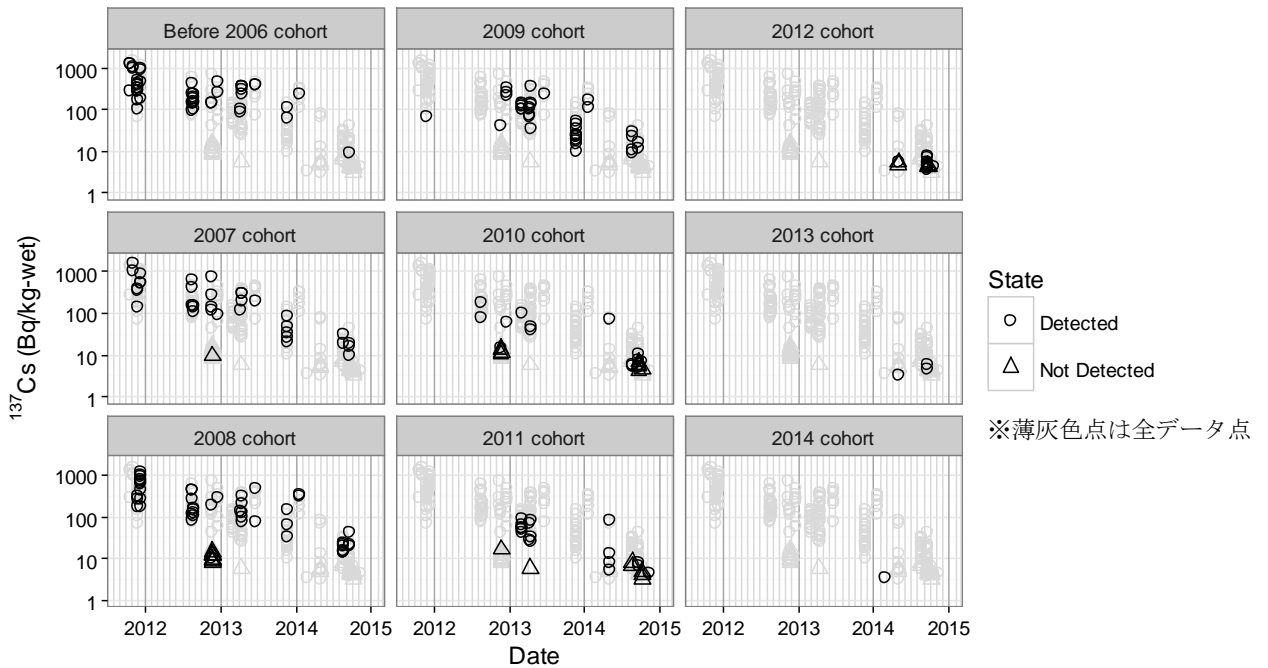


図 3-2 シロメバルにおける年級別の放射性セシウム 137 の推移

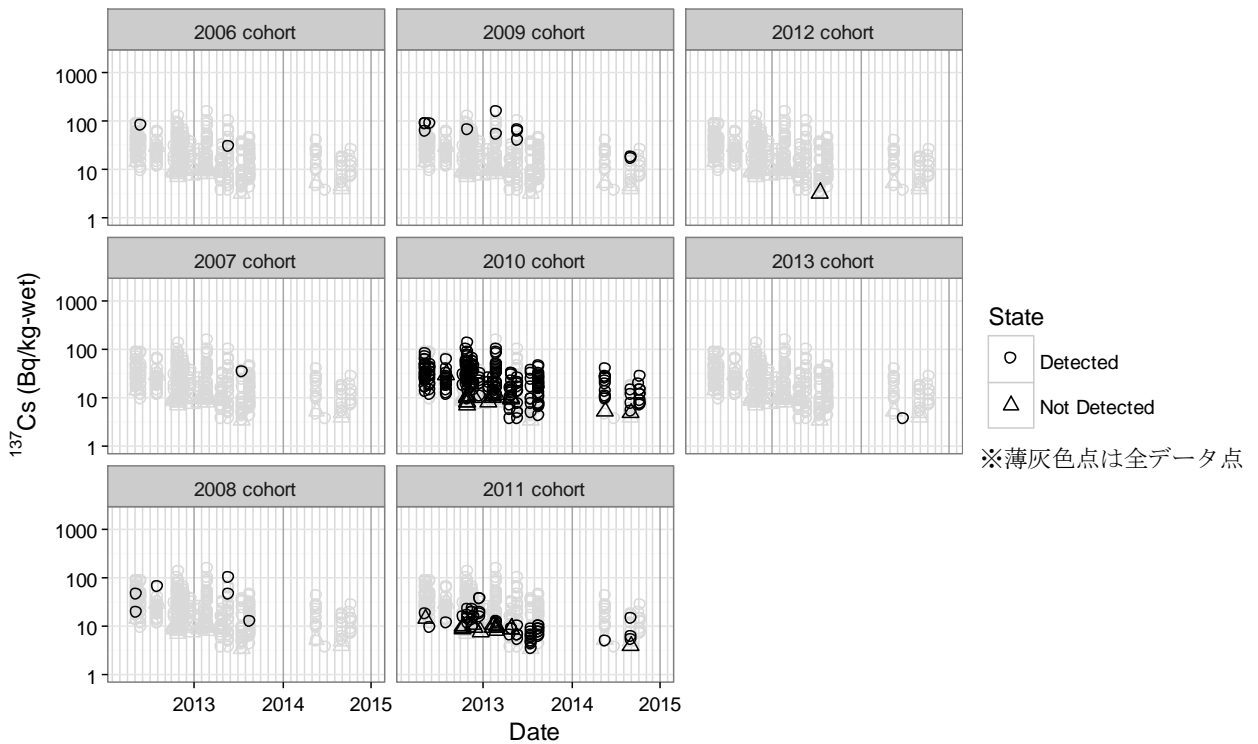


図 3-3 マコガレイにおける年級別の放射性セシウム 137 の推移

考 察

本研究で対象としたイシガレイ、シロメバル、マコガレイでは、原発事故直後である 2011 年 4 月～2012 年前半にかけ 1,000Bq を超えるような高い ^{137}Cs 濃度が検出されていたが、経年的にその濃度が低下しており、2015 年 4 月以降は 100Bq を超える検体は検出されていない(図 1-1, 1-2, 1-3)。ただし、初期の汚染の程度は魚種により異なっており、また、濃度低下の傾向についても違いがあった。具体的にはカレイ類 2 種 (イシガレイ、マコガレイ) よりも、シロメバルにおいて同時期に観察される検体の ^{137}Cs 濃度が高く、不検出となる割合も低かった。これはまず、生態学的観点によればシロメバルがイシガレイやマコガレイに比べより沿岸に分布するため高濃度に汚染された海水の影響を受けやすかったことで事故後初期の汚染の程度が高く、以降の濃度低下に違いが現れたものと考えられる。また、それに関連した理由としてモニタリング調査時の検体採取位置 (特に浅海域) の偏りも挙げられる。さらに、全長についてもイシガレイが 220~660mm、マコガレイが 140~570mm と広いサイズ範囲の検体が採取されているのに対し、シロメバルは全長 300mm 前後の検体が多く、これらはシロメバルの極限全長推定値(メス:328mm、オス:274mm²⁾) に近かった。成長が停滞した大型の個体ほど ^{137}Cs 濃度が高い傾向にあることは他にアイナメやヒラメでも報告されており³⁾、シロメバルにおいても同様であったと考えられた。すなわち、成長 (体重増加) による ^{137}Cs 濃度の希釈の程度がイシガレイ、マコガレイと比較して小さいことに起因すると考えられた。

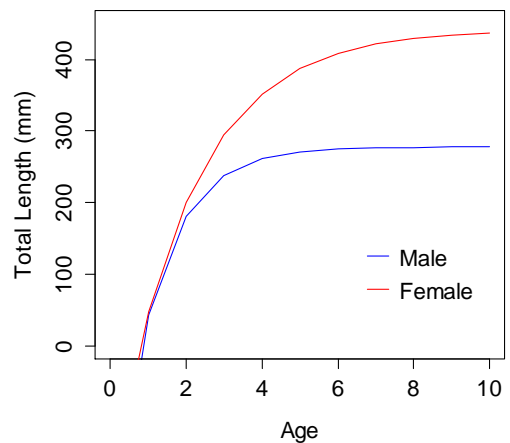


図 4-1 イシガレイの成長式⁴⁾

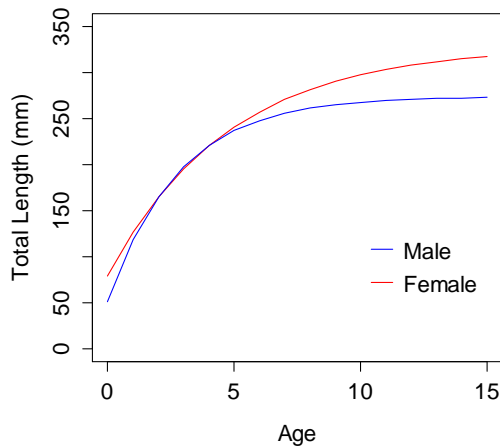


図 4-2 シロメバルの成長式²⁾

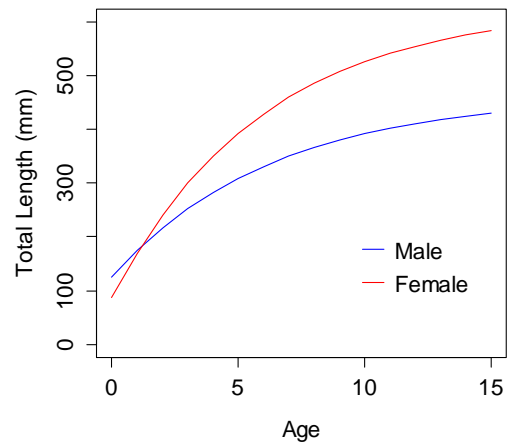


図 4-3 マコガレイの成長式⁵⁾

また、年級別の ^{137}Cs 濃度の推移では、すべての魚種において 2011 年級を境に検出される濃度が大きく異なっており、2010 以前年級では 100Bq を超えるような高い ^{137}Cs 濃度が確認され、2011 以降年級では 10Bq 以下の検体数が約 65% となった。この 3 魚種の年齢起算日は 1 月 1 日で 2011 年級は震災当時 0.25 歳であり、ごく若齢時に高濃度の汚染水にさらされたと推察できる。そのため、魚体への放射性セシウムの取り込み量は 2010 以前年級に比べ少なく、その後の成長による体重増加により ^{137}Cs 濃度が低下したものと考えられる。2012 以降年級は高濃度の汚染水にさらされなかった上に、成長による希釈のため ^{137}Cs 濃度が低くなっていると考えられる。

年級（年齢）と体サイズの関係については各魚種の成長式（図 4-1, 4-2, 4-3）に示されているように、体サイズが大きいほど年齢が高く、年級が古いことになる。そのため、年級が古く大型の個体ほど放射性セシウム濃度が高い傾向にあるものと考えられるが、本研究で得られた年級別のデータは個体別に測定したものの一部であり、今後、緊急時モニタリング検査に供された全検体の年齢査定を行うことでより明瞭に年級と放射性セシウムによる汚染の関係を評価可能であることが期待できる。

要 約

1. 沿岸性底魚 3 種（イシガレイ、シロメバル、マコガレイ）について 2011 年 4 月から 2015 年 9 月までに緊急時モニタリングによって採取された検体について放射性セシウム濃度を測定した。
2. 個体差を考慮するためモニタリングで採取されたもののうち、1 魚種につき複数尾の放射性セシウム濃度を個体別に測定した。
3. ^{137}Cs 濃度は魚種により低下の傾向は異なるが、おおむね低下傾向を示し、2015 年 4 月以降は 100Bq を超える検体はみられなくなった。
4. 2011 年～2012 年前半では、 ^{137}Cs 濃度はサイズや雌雄によらず高かったが、その後は大型の個体で濃度が高く、小型の個体では低いという関係がみられた。
5. 年級別の ^{137}Cs 濃度の推移では、2011 以降年級が 2011 以前年級と比較して濃度が低いのは、原発事故後初期の高濃度汚染水による ^{137}Cs の取り込み量が体サイズが小さかったために少なかった上に、その後の成長による体重の増加率が大きかったことがその要因として考えられる。

文 献

- 1) 根本芳春・早乙女忠弘・佐藤美智男・藤田恒雄・神山亨一・島村信也：福島県海域における海産魚介類への放射性物質の影響、福島水試研報、16、63-89 (2013).
- 2) 根本芳春・石田敏則：福島県沿岸におけるメバルの生態および資源解析、福島水試研報、13、63-76 (2006).
- 3) 伊藤貴之・佐久間徹・早乙女忠弘：沿岸性底魚類の放射性物質蓄積の個体差、平成 24 年度福島水試事報、福島県水産試験場、49-50 (2012).
- 4) 平川英人：福島県における小型底曳網漁業の資源に関する研究－I イシガレイの漁業への加入以降の年令および成長について、福島水試研報、6、1-10 (1980).
- 5) 福島県水産試験場：昭和 59～61 年度沿岸域漁業管理適正化方式開発調査委託事業福島県沿岸域海域別調査事業最終報告書、福水試調査研究資料 No.209、福島－128 (1988)