

日本の水産物における放射能汚染リスクの評価

池田 思朗 数理・推論研究系

共同研究者 岡村寛, 森田貴己 (水産研究・研究機構), 江口真透 (統数研)

はじめに

福島第一原子力発電所の事故以来、放射能による汚染は大きな問題となっている。事故の後より現在まで、国は継続的に様々な食品に含まれる放射性セシウムを測定しており、厚生労働省のホームページで情報を開示している。本研究では、そうして開示されているデータの中から水産物(魚介類)のデータに注目し、どの程度の放射能汚染リスクがあるかを評価した。なお、本研究は、JST, CRESTの研究の一部として行い、既に論文が出版されている[1]。詳しくは論文を参照して頂きたい。

汚染リスクの定義と測定データの性質

本研究では、以下の確率をリスクと定義した。

$$\text{Porb}(^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs} > D).$$

ここでは、水産物の1[kg]に含まれる放射性セシウム ^{134}Cs , ^{137}Cs の量 [Bq/kg] をそれぞれを ^{134}Cs , ^{137}Cs と表し、 D [Bq/kg] は閾値を表す。国の定めた一般の食品の基準値は $D = 100$ であるが、本研究では $D = 20, 50, 100$ のそれぞれについて評価を行った。

国が公表しているデータから、2011/4/1から2015/3/31に得られた472種の水産物に注目した。地域と魚種の組み合わせは1,684に上り、サンプルの合計は 68,894 となる。ただし、1,684の各組み合わせ毎のサンプル数には大きなばらつきがある。

それぞれのサンプルでは ^{134}Cs と ^{137}Cs とが与えられるが、観測値には多くの N.D. (No detection) が含まれる。これは計測値が 0 であるわけではなく、機器の性質と計測時間、背景のノイズレベルから決まる計測限界値を下回っていることを示しているにすぎない。このようなデータが多く含まれる魚種では、リスクは低いと考えられる。しかし、リスクは 0 ではないと考えるのが自然である。リスク評価のために、モデルを考え、推定を行った。

確率モデルと推定

ここでは、 ^{134}Cs , ^{137}Cs それぞれの汚染度の確率分布が次のワイブル分布に従っていると考えた。

$$f(x) = \frac{k}{\mu} \left(\frac{x}{\mu}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\mu}\right)^k\right), \quad \mu = m \exp(-(\lambda + \rho)t).$$

m は2011年4月当初の汚染度、 λ は物理的なセシウムの半減期で、 ^{134}Cs では約2年、 ^{137}Cs では約30年である。 ρ は生態系、生物学的な振る舞いによる半減期を表すパラメータ、 t は2011年4月当初からの日数とした。 k はワイブル分布の形状を決める正の値をとるパラメータである。ワイブル分布は k によって裾の振る舞いが変わる。リスクの評価は確率分布の裾に影響されることから、この k をデータから推定することが重要となる。

データから各魚種と地域の組み合わせ毎に m, ρ, k を ^{134}Cs と ^{137}Cs に対して求める。それぞれ、求めた分布を $f_{134}(x), f_{137}(x)$ としたのち、リスクは以下のように評価できる。

$$\text{Porb}(^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs} > D) = \int_D^\infty \left[\int_0^x f_{134}(x-u) f_{137}(u) du \right] dx.$$

推定

ある魚種のある地域のデータに関して異なる時期のいくつかのデータが得られているとする。 ^{134}Cs と ^{137}Cs に対する測定値が全て限界値以上であれば、それらの値を用いて最尤推定を行う。一部、あるいは全てのデータが限界値未満である場合、パラメータの推定は難しい。本論文ではいくつかの推定方法を提案しているが、こうした推定方法を用いる一方、どうしてもデータが足りない魚種と地域の組み合わせでは、地域的に近い同種、あるいは近い種類の魚種のデータをまとめて用いることによって推定を行った。

結論

解析の結果をみる限り、2015年3月の時点で、福島県やその近郊での水産物の放射能リスクは高くない。特に海産物のリスクは低い。淡水の水産物のリスクは海産物よりも高いものが多い。

淡水の水産物の具体的な魚種のリスクは、論文の supplement を参照して頂きたい。ただし、養殖魚のリスクは低い。レジャーフィッシングなどで釣ったものを口にしなければ、淡水の水産物でもリスクは高くないと考えられる。

本論文で得られた評価は現状のリスクである。汚染水の影響などをモニターし今後のリスクを評価するためには、精密な計測データを広範囲に渡って継続して得ていくことが重要である。今後もデータの取得を続けて頂きたい。

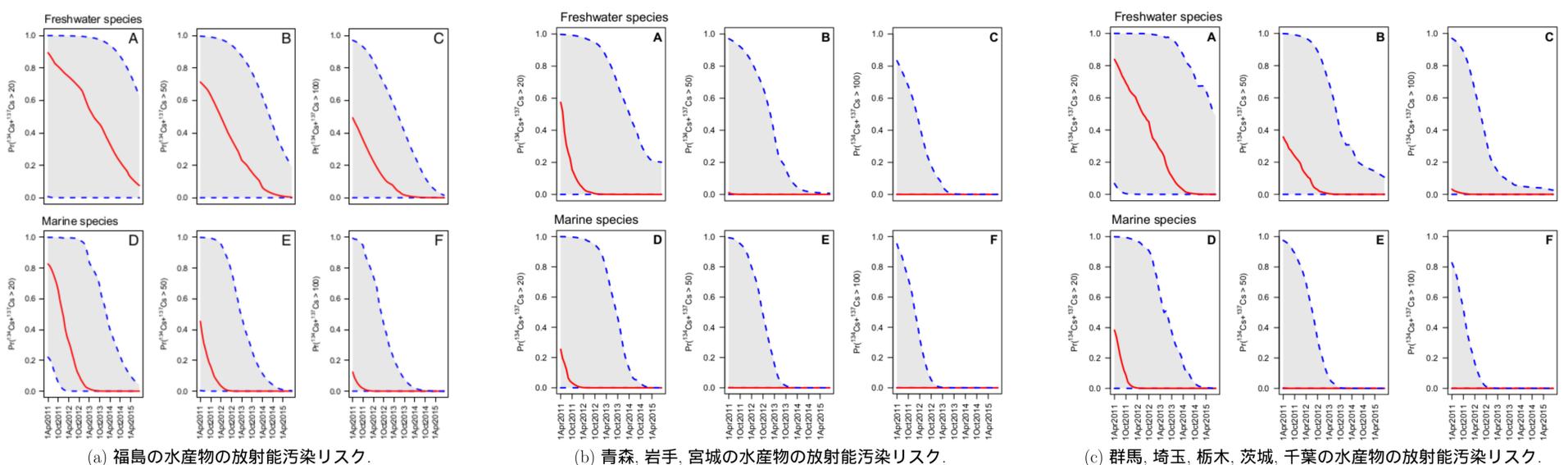


Figure 1: 図はそれぞれの地域の放射能リスク。上段は淡水の水産物、下段は海産物のリスクである。それぞれ3つある図は左より、 $D = 20, 50, 100$ に対するリスクを示している。赤の実線はメジアン、青のは点線は90%信頼区間を表す。図は全て[1]、及びその supplement のものである。

参考文献

[1] Hiroshi Okamura, Shiro Ikeda, Takami Morita, and Shinto Eguchi. Risk assessment of radioisotope contamination for aquatic living resources in and around Japan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 113, No. 14, pp. 3838–3843, 2016. doi:10.1073/pnas.1519792113.