5-14 照射した牛レバ刺しはどれだ？
－「照射殺菌済み」を判別する技術の開発－

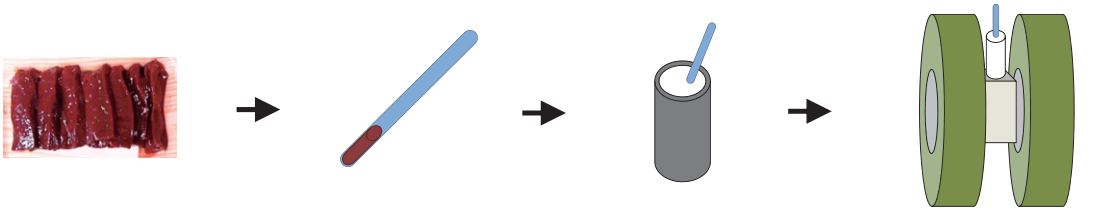

図 5-35　電子スピン共鳴（ESR）法の手順
0 ℃の冷蔵牛生レバーにγ線を 1.0，2.6，5.2，7.8 kGy 照射しました。照射試料を ESR 用試料管に封入後、−196 ℃の液体窒素中で凍結させ、液体窒素温度での ESR 測定を行いました。

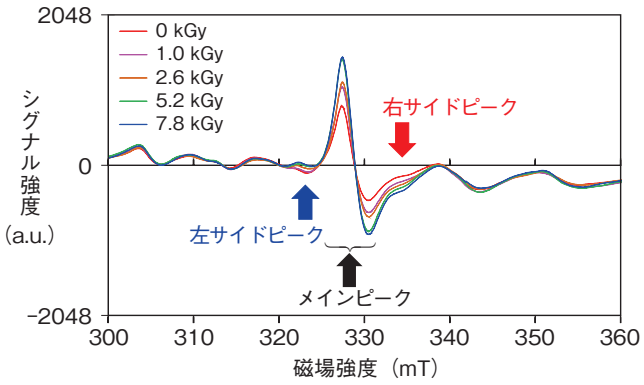

図 5-36　照射した牛生レバーの ESR スペクトル変化
線量を変えて照射した牛生レバーの ESR スペクトルを同時に示しています。矢印で示したピークでは放射線量によって強度が変化しました。グラフ中央のピークをメインピーク，その左右に見えるピークをサイドピークと呼んでいます。

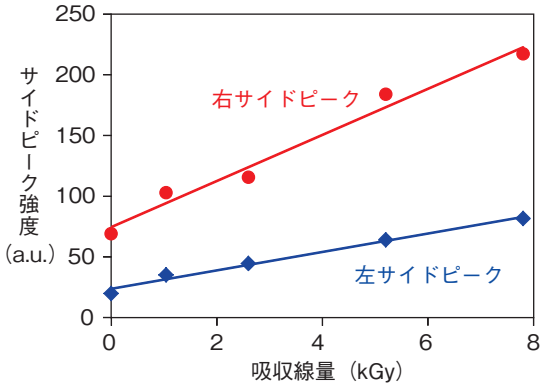

図 5-37　ESR 法による牛生レバーの線量応答
ESR スペクトルの左右のサイドピークの強度を吸収線量に対してプロットしました。それぞれの傾きは異なりますが、ピーク強度は線量の増加とともに直線的に変化しています。

現在、飲食店でユッケなどとして提供される生肉では、表面の加熱・除去によって内部の安全な部分が使われます。しかし、牛の肝臓では内部から病原性大腸菌が検出され、肝臓を安全に生食する方策が見いだされないとして、牛レバーを生で食する「牛レバ刺し」は 2012 年 7 月 1 日から禁止されています。私たちは、非加熱でかつ包装後も処理が可能な放射線照射殺菌が、牛生レバーの安全性を確保するために使用された場合を想定して、照射殺菌済みを判別するための技術の開発を行いました。

最初に、照射挽肉の検知法として開発した ELISA 法の牛生レバーへの適用を試みました。その結果、0 ℃の冷蔵状態で照射した牛生レバーでは ELISA 法で照射の有無を判別できそうでしたが、− 80 ℃の凍結状態で照射した場合は全く判別することができませんでした。これは ELISA 法では、放射線の電離作用で生じた活性種（ラジカル）が DNA と反応して生成した酸化損傷を検出するので、凍結状態ではラジカルの動きが抑制され十分に反応しなかったと考えられます。そこで次に、照射で生じたラジカルそのものを検出することにしました。ラジカルは不対電子を持ち、原理的には電子スピン共鳴（ESR）法で測定できます。ESR 法は電子レンジと同じマイクロ波を使っており、水を含む試料では水がマイクロ波を吸収するため不対電子が共鳴しなくなる弱点があります。しかし私たちは、これまでに植物検疫における消毒処理として照射された生鮮果実が ESR 法で検知できることを実証していますので、今回牛生レバーにも ESR 測定が適用できると考えました。

冷蔵状態でγ線照射した牛生レバーを試料とし、測定中の水のマイクロ波吸収を抑えるため、液体窒素温度まで冷却して水分子の運動を止めた状態で ESR 測定を行いました（図 5-35）。その結果、メインピークと、その両脇にサイドピークが観測され（図 5-36）、サイドピーク強度は線量増加につれて直線的に増加することを発見しました（図 5-37）。実験の測定値には誤差が含まれますので、0 kGy のサイドピーク強度から明確に区別できる牛生レバーの吸収線量は約 3 kGy と推測されます。したがって、この結果は、ESR 法で約 3 kGy を超えて照射殺菌された牛生レバーを判別できる可能性を示しています。

今回の技術は、「照射殺菌済み」の牛生レバーを確認できるという点で消費者に安心感を与えられると信じています。

●参考文献
菊地正博ほか, 照射牛レバーで計測される ESR シグナル変化, 食品照射, vol.50, no.1, 2015, p.9-12.