

近畿大学 生物理工学部 生物工学科 生産環境システム工学研究室 ～バイオリクターで食とエネルギーの自立国に～

〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930
近畿大学生物理工学部生物工学科
生産環境システム工学研究室
教授 鈴木 高広, 講師 坂本 勝
Tel : 0736-77-3888, Fax : 0736-77-4754
E-mail : tksuzuki@waka.kindai.ac.jp
sakamoto@waka.kindai.ac.jp

1. はじめに

バイオに関する先端技術や研究成果を実用化するため、経済性と操作性を重視した安価な高収益型バイオリクターを開発し普及することを目指す研究室です。日本の最重要課題である食料と脱炭素社会の中核燃料の国産化を、サツマイモ・メタン・水素の量産技術で解決する研究に取り組んでいます。

2. 研究室の紹介

近畿大学生物理工学部は、平成5年4月に和歌山県紀の川市に開設され、生物工学科、遺伝子工学科、食品安全工学科、生命情報工学科、人間環境デザイン工学科、医用工学科の6学科に毎年500名前後の学生が入学します。生物工学科は、7研究室14名の教員が植物と微生物に関する研究と教育を担当しています。

3回生になると4月に希望する研究室に志望理由書を提出し、面接試験を経て教員一人あたり6～7名が配属されます。生産環境システム工学研究室は、筆者がイモエネルギーと化粧品、坂本講師は水耕栽培に関する卒業研究を指導しています。太陽光の利用効率を大幅に高め、食料とエネルギーを大量生産するバイオリクターを農家に普及し、日本の暮らしを豊かにすると共に、地球温暖化を抑制することが目的です。

3. 研究内容

3.1 イモエネルギー

国土には一年間に約1800兆MJの太陽光が降り

注いでいると推定されます。一方、石油石炭天然ガスの年間消費量は約15兆MJです。したがって、120年分のエネルギーが降り注いでいます。植物と微生物により太陽光とCO₂から食料もエネルギーも安価に大量生産すれば、化石燃料や穀物・飼料などの輸入費用20～30兆円が農家の収入になり、地方の産業と経済が潤い、さまざまな社会問題も解決できます。

化粧品会社で紫外線の研究をしていたとき、植物も紫外線を防ぐため葉にポリフェノールを蓄積し、光合成効率も落としていることに気づきました。そこで、太陽光を立体的に分散利用すれば農作物を大幅に増産できると考え、2010年に近畿大に着任しサツマイモの多層栽培法の研究をスタートしました。

はじめに、袋に詰めた培養土に苗を植え、多層栽培を試みましたがイモが小さく、光合成効率も高まりませんでした。原因解明に悩んでいた頃、坂本講師が着任し、根圏水耕栽培法でサツマイモを増産することに成功し、大量生産が可能になりました。

肥料も国産化するため、下水を活用する方法を研究しています。下水処理水にはNやPなどの肥料成分が適度に含まれており、冬でも水温が15℃以上に保たれます。下水処理水を根圏に供給し三層栽培法で二期作を行ったところ、年間収量を通常農法の12倍に相当する30 kg/m²に高めることに成功し(図1)、早生樹木やサトウキビや微細藻類や巨大草本など、従来のバイオマス量産研究報告をすべて上回る新たなベンチマーク(世界最高効率)を報告しました^{1,2)}。

サツマイモは、通常農法でもカロリー生産性 kcal/m² が水稻米の2倍近くあり、その収量を12倍に高める多層栽培法を用いると、国民が一年間に消費する総カロリー(約100兆kcal)を生産するための耕作面積は25万haで足りる。耕作放棄地42万haでサツマイモを多層栽培すれば、現在38%



図1 サツマイモの量産システム

のカロリーベースの食料自給率を200%に高めることも可能です。

一方、イモと茎葉を合わせたバイオマスの熱量生産性は 230 MJ/m^2 と概算され、化石燃料15兆MJ分の生産に要する面積は650万haと見積もられます。

将来的にはバイオガス熱電供給により、大規模火力発電の膨大な熱損失を解消し、電気自動車によるエネルギー効率向上や各種省エネ技術の発展により、エネルギー需要を10兆MJに削減すれば、太陽光、風力、水力などの自然エネルギーで5兆MJを供給し、残りの5兆MJをサツマイモで賄うために必要な栽培面積は220万ha、国土の6%で足りる。

現在、水稻米の作付け面積は135万ha、総生産額は1兆7千億円、農地の生産額は 126 円/m^2 です。一方、イモエネルギー市場は22兆円超、農地生産額は 1000 円/m^2 を見込めます。多層栽培システムの低廉化が、イモエネルギー産業の創出に不可欠です。

茎葉も食べられるサツマイモは、収穫したバイオマスの全熱量を下水汚泥消化槽で容易にメタンに変換できることも実証しました³⁾。都市ガスのメタンから水素を取り出し熱電供給する家庭用燃料電池エネファームは、エネルギー利用効率が90%に達します。サツマイモ・メタンの量産技術が、脱炭素・水素社会の中核燃料として有望であることが理解できます。

3.2 地震・火山の解析と海の酸性化の影響

地球温暖化の影響を調べていたところ、巨大地震の多発化と海水酸性化の脅威に気づきました。日本列島は海面上昇により地震が多発化しています。また、海水温上昇による積雪量の増大と、融雪季の気圧と潮位の変動が巨大地震を誘発することが分かりました⁴⁾。積雪荷重の増減により地殻がポンピング運動することで三陸沖を先頭に太平洋プレート面を東方に進むため、地下では歪が徐々に南下しながら西方に移動し、東北の大地震の約2年後に伊豆・小



図2 化粧品を右半面に塗布したサツマイモの葉

笠原諸島で噴火が活発化し、九州方面には4～5年かけて歪が移動することも分かってきました。日本列島はウォーターベッドのような含水層に横たわっているため、積雪荷重が増すほど地下の含水層が加圧され、融雪季の低気圧や潮位がトリガーとなり、含水地層の反発力が地殻を跳ね上げ巨大地震を起こすことが分かりました⁵⁾。

一方、都市の重量構造物が地下の歪の移動経路に作用し、東京直下型地震や富士山噴火を防いでいると推定されます。しかし、温暖化により海水位が上昇し浮力が増すと歪の移動深度が浅くなり、大地震や富士山噴火のリスクが増すと考察されます。

さらに海に深刻な事態が起きています。このところ気温上昇が加速していますが、海水の酸性化と温水化により海洋の CO_2 吸収力が低下しているだけでなく、サンゴや貝殻やプランクトンや石灰岩などの CaCO_3 が溶解し、海から大気へ CO_2 が逆流する無限温暖化ループの兆候が現れ始めていると考察されます⁶⁾。

3.3 化粧品

化粧品にはマイクロプラスチックビーズが多用されていますが、海洋汚染やSDGsの観点から、バイオ素材への転換が求められています。セルロース多孔体による代替効果を調べたところ、紫外線防御効果や保湿効果が高まる場合があることが分かりました⁷⁾。

化粧品や原料開発における動物試験が禁止となり、代替試験法の開発が求められています。サツマイモの葉に化粧品を塗布する植物試験法(図2)を検討したところ、日焼け止めクリームや保湿化粧品が、葉の乾燥や光酸化による劣化を防ぎ生育促進効果が得られることが分かり、動物試験代替法として注目されています。サツマイモは、紫外線がストレスとなりイモが肥大化することも見出しました。紫外線を遮蔽した快適な生育環境下では蔓と葉が過剰に増え、イモの収量が低下する蔓ボケ症状を起こします。

4. おわりに

サツマイモの葉も人の肌も、環境ストレス抑制が老化を防ぎます。サツマイモは適度なストレスを与えないとイモ作りをサボりますが、ストレスが過剰になると生育が阻害されます。一方、地殻や含水層の加圧ストレスが過大になると巨大地震が起こり、地球温暖化の環境ストレスが深刻になれば、生態系が破壊されるほどの事態も予測されます。イモエネルギーで地球環境を修復し健康を維持することを目指しています。

参考文献

- 1) T. Suzuki, *et. al.*, *Horticultrae*, 9 (3), 309, 2023
- 2) T. Suzuki, *et. al.*, *Plants*, 12 (2), 287, 2023
- 3) 鈴木高広, 他, 日本太陽エネルギー学会 2021 年度研究発表会講演論文集, 209-212,
- 4) 鈴木高広, *太陽エネルギー*, 45 (4), 30-37, 2019
- 5) 鈴木高広, *太陽エネルギー*, 49 (5), 78-88, 2023
- 6) 鈴木高広, 他, 日本太陽エネルギー学会 2023 年度研究発表会講演論文集, 263-266
- 7) 鈴木高広, 他, 第 47 回日本化粧品学会講演要旨集, 8, 2022