

◇◇◇ 学術集会報告 ◇◇◇

International Congress on Engineering and Food · ICEF14 参加レビュー

橋本 篤 (三重大学), 中川究也 (京都大学), 下山田真 (静岡県立大学),
都 甲洙 (日本大学), 小南友里 (東京大学), 今泉鉄平 (岐阜大学)

(2023年開催のICEF14に参加した日本食品工学会メンバーから、大会の様子を座談会+発表ピックアップでお伝えします。)

中川: ICEF14が6月20~23日の会期で、フランス・ナントにて開催されました。大会の規模はどのくらいだったのでしょうか?

橋本: 参加者数はトータルで630名、250件の口頭発表と、500件のポスター発表と聞いています。前回よりも開催規模は若干小さくなったようです。また、日本からの参加者数も減少していました。

下山田: 私は前回大会も参加しておりますが、前回よりも参加者数は少なく感じました。

橋本: 日本とアメリカの国研からの参加がなかったことに、あれ?と思うところがありました。一方、EU諸国の国研のネットワークがますます強くなっているように感じました。

中川: フランス開催でしたので、当然フランスからの参加が最も多く177名、ブラジル、アメリカ、イタリアと続いて、日本からの参加は22名でした。この中で岐阜大の学生さんが多く参加していたのは心強いです。学生さんにはいい刺激になったのではないのでしょうか。

今泉: 昨年までは海外渡航が制限されていたこともあり、海外で発表をするのが初めてという学生がほとんどでした。また、テクニカルツアーでは、食品科学の教育・研究機関であるONIRISおよびINRAEを訪問するツアーなど4つのテクニカルコースと1つの観光コースが設定されました。私は“URBAN FARMING and CIRCULAR ECONOMY”のツアーに参加し、ナント市内でのシイタケ栽培の現場などを見学しました。食料生産・流通における環境意識については日本よりも踏み込んでいるように感じました。なかなか観光をする時間は取れませんでした。街並みを見ているだけでもワクワクとした気持ちになりました。

都: 会期の途中でFête de la musiqueという音楽祭

と重なったのが楽しかったです。街中でバンドの生演奏が深夜まで続いていました。この音楽祭は、1982年にフランスの文化省により創設されたとのことでした。プロとアマチュア音楽家がそれぞれのバンドを作り、あらゆるジャンルの音楽を演奏していました。

小南: 毎年、夏至の日にフランス全土で開催されていて、入場料無料がルールだそうです。想像よりも遥かに規模が大きくて驚きましたね。

中川: すっかりポストコロナといった雰囲気です。私も楽しんでまいりました。さて、ICEFは前回大会との間にコロナ禍を挟んでいます。隔4年開催のICEFはちょうど会期への影響がなかったわけですが、研究動向に何か変化を感じましたでしょうか?

都: 3Dプリンターの発表などは以前からありましたが、より物性制御、食感、微量栄養素の個別化投与、後処理などに深く踏み込んだ研究が多く、とても興味深かったです。3Dプリンターは、複雑な形状や食感を持つ食品の製造、パーソナライズされた栄養食品の製造などに広く応用されています。近未来に、AIロボットと3Dプリンターが家電製品として、パーソナライズド食品を提供してくれれば良いと思います。



Fig. 1 会場の風景

- 中川：それは代替肉関連の研究の盛り上がりとも重なっているのでしょうか？新しいタンパク質の供給という観点から、豆や昆虫に関する研究も非常に多くみられました。
- 下山田：SDGsを意識してか、植物タンパク質に関するセッションが2つ設定されていて特に豆類の利用に関する発表が多かったという印象ですね。
- 今泉：食用昆虫に関するセッションも1つ設定されていたほか、ポスターセッションでも何件か発表されていました。欧米系の方と直接話をしてみましたが、自分自身が昆虫を食べることに対してはネガティブな人が多いようでした。
- 小南：色々な発表を聞いていて、豆や昆虫のタンパク質加工に大量の水とエネルギーを使用するのは本当にサステナブルなのかと疑問になりました。アレルギーや消化性、嗜好性なども含めて包括的に考える必要があると思います。
- 中川：どこかの発表でLCAなどの環境影響評価や、技術経済評価などをもっとやらないといけないという意見があったのを覚えています。包括的な取り組みが今後のトピックになっていくのではないのでしょうか。
- 橋本：サステナビリティと脱炭素に関わる研究トピックは今回の大会の大きな柱の一つでした。フードプロセスをフードシステムの一部ととらえる考え方が常識となりつつあり、社会システムや自然環境などを包括したフードシステムの中核をなすフードプロセスにAIなどの手法を導入した研究発表が目につきました。しかしながら、概念的にはかなり大きいのですが、実際の対象や手法としては従来研究の延長戦のものが多かったように思います。ただ、サステナビリティと脱炭素という大命題のもとにフードシステムをとらえ、そのなかのフードプロセスを研究するというのは大きな流れではないのでしょうか。
- 小南：デジタルツインという言葉もよく聞きました。デジタルツインの利用は環境負荷の低減だけではなく、食の安全性の向上にも役立ちそうです。ただ、まだ発展途上の分野である印象を受けました。
- 中川：デジタルツインの要素の基礎となるモデリングの対象は従来からよく見られるものが多かったと思います。複数の現象が同時に進行する複雑な系のシミュレーションなどへの取り組みはこれからも続きそうです。従来から取り組みがありつつもまだ解決していない技術はまだありそうですね。
- 都：電場と磁場を利用した過冷却によるマグロの鮮度評価の発表がありました。過冷却凍結は氷結晶の微細化が可能ですが、氷核生成温度の制御が従来からの難題ですね。氷核生成温度の制御などは引き続き今後の課題になると思います。
- 下山田：加工度の高い食品を ultra-processed food（超加工食品）として紹介されていたのは目新しいのでしょうか？
- 小南：比較的新しいコンセプトだと思います。ultra-processingを含む現代の食課題として、砂糖や脂質が harmful element と分類されていたのは違和感がありました。過剰摂取という消費者側の問題も考える必要があり、一概に“体に悪いもの”と表現するのはあまり科学的ではないようにも思います。とはいえ、コーヒーブレイクで提供されていたお菓子などはウルトラプロセスで目立つ砂糖・脂質リッチなものが多かったですね（笑）。
- 下山田：そういえば超加工食品の紹介と絡めて Nutri-Score の説明もありましたが、街中のスーパーで実際に表示のついたお菓子を見つけたので買って食べてみました。結構おいしかったです。こういうラベル表示への意識はEUと日本



Fig. 2 学会ランチ・ガラディナーの風景と Nutri-Score



Fig.3 ナントの風景

ほどの程度違うのか疑問に感じました。

橋本：そもそも食そのものへの意識が大分違いそうです。会期中のランチはきっちり14時半まであって、肉もワインもしっかり出されていました（もちろんベジタリアンメニューもありましたけど）。デザートもプレートで提供されていました（笑）。

今泉：結構がつつりとワインを飲んでいる方もいて午後のセッションに影響が出ないのかと勝手ながら心配になりました。ただ、こういった現地での食事や買い物を通して食文化や食に対する意識について知見を深めるというのも、国際会議に参加する意義の一つかもしれません。次回のICEFでも開催地となる都市ならではの食文化に目を向けてみようと思います。

橋本：次回ICEF15は2027年の4月にアメリカ・オランダ開催の予定です。ここで報告させていただきますが、クロージングセレモニーのなかで、一昨年お亡くなりになった宮脇長人先生が追悼されておりました。日本食品工学会会員の皆さまにも積極的に参加してもらい、日本のプレゼンスを是非示して頂ければと思います。

中川：本日は皆さん、ありがとうございました。

★発表ピックアップ by 都 甲洸

6月21日：T2-7 Emerging processes 3D printing 1, 2のセッションで、14の発表があり、微量栄養素の個別化投与3Dプリント、AM (additive manufacturing 付加製造、積層造形) 技術、3Dプリント食品の食感とレオロジー、3Dプリント食品の通電加熱、エンドウ豆および大豆タンパク質ペーストのレオロジー、4Dプリンティング、

ハイドロコロイド・ゲルの3Dプリンティング、高濃度系食品の押し出しなどに関する研究内容でした。

スイスのKohlerらにより“Novel Synchronous Multi-Scale 3D-printing of foods for tailored sugar-reduced sweetness perception”という発表がありました。付加製造(AM)技術を食品バリューチェーンに導入するには、コストが高く、また、食品の複雑なレオロジーは、押出、分注ユニットを新たに設計必要がある。本発表では、複雑な3D食品構造を高い生産速度で製造し、機能性を付加することができる新しいAMアプローチの内容でした。新しいSYnchronous MUltiScale (SYMUS) 3Dプリントは、温度依存性の高い流動挙動を示すプリント材料から、異なる相からなる多相チョコレート菓子製品を迅速に製造する機能があります。また、糖分の低減によりカロリー密度を大幅に低下させながら、甘味の感覚を維持した高品質のチョコレート菓子製品の加工にも応用できることです。この新しい同期マルチスケール3Dプリンティングに基づく付加製造技術を使用すると、フード・バリュー・チェーン全体にわたって付加価値を生み出すと紹介されました。

BrazilとFranceの共同研究で、Manigliaらにより“Evaluation of potato starch gelling ingredients (native and modified by dry heating) and post-processing in the texture of 3D printed foods”という発表がありました。デンプンは、3Dプリント食品製造用のハイドロゲルインクを調製する可能性を示しているが、デンプンベースのハイドロゲルには、主にレオロジー特性に関連する加工上の困難がある。本発表では、生デンプンまたは乾燥加熱変性ポテトスターチをベースとしたハイドロゲル(10% w/w)の性能(4時間、130℃)と、3Dプリント食品の性能に対する後処理の効果を評価の内容でした。後処理評価は、オープン乾燥と凍結乾燥した食品の重量、大きさ、物性を用いました。改質デンプンをベースとしたハイドロゲルは、本来のものより硬度が低く、接着性が高く、改質デンプンは再現性の高いプリント食品が得られた。また、同じ澱粉源から得られる異なるゲル化剤と後処理はプリント食品の品質に影響与えると紹介されました。

★発表ピックアップ by 下山田 真

6月20日：オープニングのキーノートレクチャーにおいてINRAE(フランス)のIsabelle Souchon博士より“Healthy diets and food processing level: some research issues for food engineering”という講演があった。

この中で、加工食品はその加工度によって、食品素材から変化がない(レベル1)、調理など自然な変化がある(2)、加工による変化がある(3)、加工による極端な変化がある(4)の4つの段階に分類できるとし、

特にレベル4は ultra-processed food (超加工食品) と表現されることが紹介された。

さらに、食品の栄養性から食品を分類する方法としてフランスで行われている Nutri-Score について紹介された。これは食品を N-Point (栄養に有利な要素)、P-Point (栄養に不利な要素) で評価しそこから総合評価して栄養的に優れたものから順に A~E とランク付けするというものであった。

食品の加工レベルと Nutri-score との相関をとると D とか E に分類される栄養性の低い食品に ultra-processed food が多く含まれることが示され、ultra-processed food には栄養上の問題の多いことが示された。

ただし、伝統的な加工食品においても加工レベルが高くなり、ultra-processed food に分類されてしまうものもでてくることから、今後加工度、栄養性に加えて環境負荷のファクターも加味した評価基準が必要となることが提案された。

これまでも加工度の高い食品の栄養性や健康性については疑問が投げかけられており、そうした疑問に対して客観的に答えようとしているものと想像したが、レベル3と4を客観的に線引きする難しさを思いながらキーノートレクチャーを終えた。

★発表ピックアップ by 中川 究也

6月20日: T1-1 Conventional Processes: Heat and mass transfer in porous media のセッションにて発表されていた、“Microstructure evolution during deep frying and its impact on material properties” を紹介します。KU Leuven (ベルギー) の研究グループの発表です。

このセッションでは移動現象と関わる課題を、比較的古典的なアプローチによってモデル化する発表が多くみられましたが、これもそのひとつです。フライ調理の過程で起こる食品の微細構造形成とその変化に依存して、構造物内部への油の取り込みが変化しますが、これをマルチフィジクスシミュレーションによって予測しようとする研究です。発表内容は気孔率、屈曲度といった構造パラメータと、製品の物性(透過率、ヤング率)を関係づけることに焦点が置かれていました。構造変化の検証には in-situ 放射光 X 線 CT を用いることで、3次元的な多孔質構造を経時的に追跡していました。

ポアネットワークモデルを構築し、この中における油の移動をシミュレートするわけですが、デンプン質によって形成される細孔壁は、含水率、厚み、細孔の形態に依存して変形の程度が異なります。そして、細孔構造は油の移動に強い影響を与えます。従って、微細な細孔構造の変化と、それに伴う物性変化を加味したシミュレーションの実施により、最終的なフライ食品中に移行する油量を定量的に予測することを目指しています。発表では、このシミュレーションの基礎式

の解説に加え、フライ調理プロセスの放射光 X 線 CT によって観測した構造変化の検証結果などが報告されていました。

シミュレーションの結果から予測できる実用的な処方として、フライ前の製品を適度に予備冷却しておくことで、フライ過程における細孔形成に影響を与え、油の移行量を低減できる可能性を報告していたことは、とても興味深いと思いました。

★発表ピックアップ by 小南 友里

6月21日: Special Session: digital foods のセッションにて発表されていた、“Flow, heat and mass transfer in coffee roasting” と “A Digital Twin Approach to Improve Performance in Food Processing” を紹介します。

“Flow, heat and mass transfer in coffee roasting” は University of Birmingham (イギリス) と Jacobs Douwe Egberts (イギリス) の共同研究です。Jacobs Douwe Egberts はコーヒー、紅茶、チョコレート飲料を主力商品とする食品メーカーです。Positron Emission Particle Tracking (PEPT) を用いてロースタードラム内での粒の動きを可視化したデータとコーヒー豆の加熱温度-時間による状態変化のデータを合わせたシミュレーションが紹介されました。加熱温度、回転速度、豆の投入量を変えたシミュレーションによって、コーヒー豆のローストを最適化できることに加えて、エネルギー消費の少ないプロセス条件の探索も可能となることが報告されました。PEPTは粒体を扱う食品加工プロセスの可視化に適用でき、今後の様々な活用が期待されます。

“A Digital Twin Approach to Improve Performance in Food Processing” は Tetra Pak AB (スウェーデン) の研究発表です。Tetra Pak AB は、(言わずもがな)食品包装界を代表する企業の1つです。この発表では、食品産業におけるデジタルツインの活用について紹介されました。Programmable Logic Controller (PLC) と Human User Interface (HMI) の2つのシミュレーターの構築について説明があり、製造ラインの最適化や作業トレーニングをバーチャルで実施できるシステムが紹介されました。必要に応じて機械学習を活用するなど、大規模で複雑なシミュレーターの構築過程が明瞭に説明され興味深かったです。プレゼンテーションの内容に加えて、スライドデザインが洗練されていたのも印象的でした。

★発表ピックアップ by 今泉 鉄平

6月20日: T3-3 Sustainability: alternative proteins: insects のセッションにて発表されていた、“Effect of non-thermal assisted processing on the quality of house crickets: pulsed electric fields and

electrohydrodynamic drying” を紹介します。Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ドイツ) の研究グループの発表です。

EU 圏内においては、イエコオロギをはじめとする数種の昆虫を Novel Foods として認可してきました。この発表では、イエコオロギの乾燥プロセスを効率的なものとするため、乾燥前処理としてパルス電界 (PEF) 処理、初期～中期の乾燥操作として電気流体力学 (EHD) 乾燥の適用を試みていました。EHD のみでは十分な乾燥を達成することが出来ないため熱風乾燥との組み合わせが必要なようではありましたが、エネルギー消費を 50% 以上低減することが出来ることが示されました。また、PEF は細胞穿孔によって細胞内の水分移動を促

進するため、その後の乾燥過程における乾燥時間の短縮に貢献するといった内容で発表されていました。PEF を行うことで乾燥物においては抗酸化性の保持、タンパク質の溶解度の改善といった効果が期待できるようです。現在、食用昆虫ではタンパク質を抽出し素材化するといったことも検討されているため、このような非加熱加工技術の利用が今後重要性を増していくかと思えます。

PEF に関してはこの発表以外にも様々な食品、用途 (酵素失活や剥皮など) での研究発表が行われており、口頭・ポスター併せて全体で 20 件程度の登録がありました。今後、国内でも新たな加工技術として普及が期待されます。