

# IDS2016 見 聞 録

## Description of IDS2016

### 1. IDS2016 の概要

#### 1.1 開催地

第20回国際乾燥シンポジウム (IDS2016) は2016年8月7日～10日までの日程で、岐阜市の長良川国際会議場で開催された。会議場は長良橋下流の右岸に位置し、岐阜都ホテルが隣接しており、会議場内から直接ホテルへの回廊も設けられている。当施設は岐阜市の国際コンベンション都市づくりの拠点と位置づけられるものであり、設計者は安藤忠雄である。

#### 1.2 参加者の概要：人数，国別参加者

IDS2016 への参加者数 297 名で、国内 137 名、外国 160 名であった。国別参加者数は Table 1 に示す通りである。開催地区のアジアでは日本を除くと中国、タイの参加者が多いのが目を引く。逆に隣国である韓国からの参加者が極端に少なく、マレーシア、インドネシア、ベトナムからの参加者は 0 であった。対照的にアフリカからの参加者が 8 名と多く、今後の乾燥研究の広がりが期待される。またブラジルは近年 Drying Technology への論文投稿が増えているが、遠隔地にもかかわらず 11 人の参加者があったことは、このことを如実に表している。Prof. Mujumdar は、乾燥の研究が従来の先発国である米国、英国、日本、ヨーロッパ諸国からブラジル、インド、中東、東南アジアに移行していることを指摘されているが、Table 1 はこのことを如実に示している。



Fig. 1 IDS2016 会場の受付風景

Table 1 IDS2016 の国別参加者数

国名	参加者数	国名	参加者数	国名	参加者数
Algeria	1	Philippines	3	Macedonia	1
Ghana	1	Singapore	2	Netherlands	6
Morocco	1	South Korea	1	Norway	3
Nigeria	1	Taiwan	3	Poland	8
Tunisia	2	Thailand	20	Spain	4
Uganda	2	Belgium	3	Sweden	2
Brazil	10	Czech Republic	1	Switzerland	1
Canada	3	Denmark	3	United Kingdom	1
Mexico	3	France	2	Iran	1
U.S.A.	3	Germany	17	Israel	2
China	24	Hungary	3	Turkey	2
India	5	Ireland	1	Australia	12
Japan	137	Italy	1	New Zealand	1

#### 1.3 セッションの分類と発表件数

研究発表件数は、口頭発表 128、ポスター発表 134、技術セッション 18 件であった。研究発表（口頭発表）は以下の 14 セッションに分類されている。[ ] 内の数値は各セッションでの発表件数である。

- Fundamentals (modeling and simulation) [34]
- Drying of food and biomaterials (basic aspect) [5]
- Drying of food and biomaterials (Processing) [20]
- Drying of food and biomaterials (Microbial) [5]
- Drying of food and biomaterials (Bioencapsulation) [7]
- Drying of food and biomaterials (Energy and efficiency) [7]
- Drying of food and biomaterials (Quality attribute) [11]
- Drying of food and biomaterials (Solar drying) [5]
- Novel drying and dewatering technologies [7]
- Novel drying and dewatering technologies (Hybrid drying) [5]
- Drying of chemicals and polymers [5]
- Industry processing, energy issue, and process control [12]
- Drying and dewatering of powdered solids [6]
- Drying and dewatering of agricultural, wood and paper products [6]

また、ポスター発表は第 1 日および 2 日目に 2 階のロビーホールでおこなわれ、総計 134 件の発表があった。コーヒーなどの飲み物を片手に、活発な議論がなされていた。

## 2. 会議の内容

### 2.1 会議の opening と plenary lecture

高校生による迫力満点の和太鼓パフォーマンスで幕を開け、実行委員長の板谷義紀教授（岐阜大学）より開会宣言とIDS2016の概要の説明があった。引き続き、主催団体である岐阜大学の森脇久隆学長、および化学工学会からは田門肇教授（京都大学）によるウェルカムアドレスがあった。これらのオープニングセレモニーの後、第1日目はProf. A. S. Mujumdar (McGill University & Western University) と奈良文化財研究所保存修復化学研究室長の高妻洋成博士による plenary lecture がおこなわれた。

Prof. Mujumdar からは、1970年代中頃までは乾燥に関する学術・技術論文がロシア語、ドイツ語、日本語、ポーランド語など様々な国の言語で書かれることが多く、その成果が多く研究者において共有することができなかったため、乾燥に関する国際的な討論の場（すなわちIDS）が必要と考え、1978年に第1回IDSを開催した旨の説明があった。その後、IDSが定着するにつれ、IDSへの参加者数、参加国数、発表論文数が増加し、一方でIDSの参加者の研究成果がベースとなって、乾燥に関する専門的な学術誌である“Drying Technology”誌が発刊されることになり、乾燥研究の発展とその成果の世界規模での共有へとつながった。また、IDSは、アカデミアと産業界との情報共有、技術移転などのミッションを持ち、乾燥技術の展開に寄与しているものとの考えを示し、講演を結んだ。

初日2題目の plenary lecture は、奈良文化財研究所保存修復化学研究室長の高妻洋成博士による文化財の乾燥に関する発表であった。これまでのIDSにおける発表としては珍しい異色の分野の発表であった。文化財は当然のことながら希少であり、同じものが存在しないことがほとんどであるので、その保存はきわめて重要な課題となる。また、文化財は、物理的、化学的ストレスに対してきわめてセンシティブなものも多く、

その形状や大きさは様々である。このような観点から、文化財の乾燥には、様々な乾燥理論や技術を駆使する必要があるものと考えられた。一方、工業製品などの乾燥とは異なり、コストや乾燥時間の短縮にあまり重きを置かなくてもよいのが特徴といえる。ある文化財の真空凍結乾燥に数ヶ月の時間を要したというのは驚きであった。文化財の乾燥には適切な乾燥方法の選択と乾燥条件の設定がきわめて重要であり、今後IDSなどで対象とする乾燥分野になる可能性を感じた。

（三重大学・橋本 篤）

2日目には2件の plenary lecture が行われた。1件目はリヨン第一大学のJ. Andrieu（教授から、医薬凍結乾燥プロセスの最適化に関わるご自身の研究のダイジェストをご講演頂いた。ちなみにAndrieu教授は前日本開催である京都開催のIDS1984に出席経験をお持ちの、数少ない現役の研究者であった。「前回の京都大会も暑かったけど今回も暑いね。あの当時はみなネクタイ締めだったので特に暑かった」と冗談をおっしゃられていた。ご講演では、凍結乾燥モデルの基礎、氷晶形成が乾燥速度に与えるインパクト、昇華面温度の非接触モニタリング、簡易な乾燥モデルに基づいたデザインスペースの推算の重要性について講述されていた。

2件目は名古屋市立大学の尾関哲也教授より、ドラッグデリバリー用途のナノ粒子作製についてのご講演を頂いた。生体の粒子取り込みを制御するために疎水性シェルにいかにか水溶性薬剤を格納するか、粉末化プロセスの検討から作製した粒子の特性評価まで、医工学的な視点から詳細な研究紹介をして頂いた。製品に高度な機能性を与えるために、乾燥という操作を単純な脱水操作と捉えるのではなく構造化操作と捉えるべきということが近年のIDSで盛んに言われているが、これを実践する形の研究と見ることもでき非常に興味深かった。

（京都大学・中川究也）

### 2.2 研究発表の概要

以下に著者らの印象に残ったセッションの発表内容を紹介する。

「Novel drying and dewatering technologies: Hybrid drying」のセッションは学会3日目に行われた。IDS2016における発表論文の特徴として、食品などの工業製品の高品質・高機能化を目的とした乾燥技術の高度化があげられる。そのひとつの方向性がHybrid dryingと考えることができる。これまで様々な乾燥技術に関して基礎的な研究が進められ、それぞれの特徴が定性的・定量的に把握されてきた。Hybrid drying研究の多くは、乾燥物の高品質化を目指し、複数の乾燥技術を組み合わせて乾燥プロセスの最適化を目的としたものである。Universitat Politècnica de ValenciaのProf. A. Muletは、

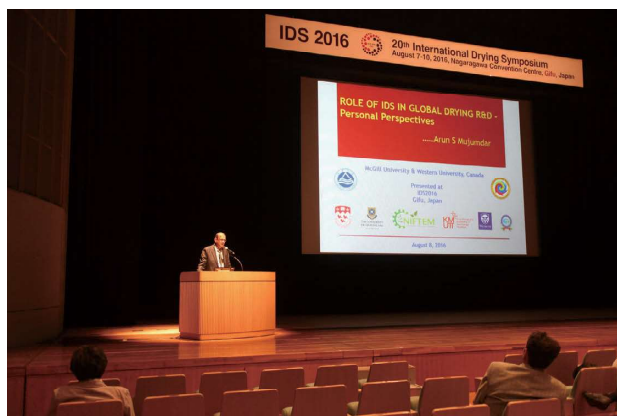


Fig. 2 Prof. Mujumdar の Plenary 講演

“Low Temperature Drying Enhancement Using Ultrasound”と題し、通風乾燥過程における超音波の併用の影響に関する講演を行った。通風乾燥過程において、試料に超音波を当てることにより物質移動が促進され、乾燥時間の短縮が図れるため、乾燥プロセス全体でのエネルギー消費も抑制されるという点を強調した発表であり、大変興味深く拝聴した。超音波を併用する効果は、風速、温度や試料の状態などの影響を受ける。とくに、物質移動速度が低下する低温での乾燥において顕著となるため、凍結状態の試料の乾燥にも有効であり、かつ試料の物理的、化学的な品質劣化も無視できるとのことであった。そのため、温度にセンシティブな試料への適応が有効と考えられた。発表では、アップルのフリーズドライにおいて、乾燥時間が88%短縮されたという実例が示された。このように、乾燥過程における超音波の併用は大変有効な場合があり、今後その対象は広がっていくものと考えられる。しかしながら、報告された結果はケーススタディーばかりであり、その併用効果、方法に関する定量的な指標は示されておらず、技術としての確立には課題が残っているものと感じた。また、これまでのIDSと同様に、食品を対象とした電磁波（マイクロ波、赤外線）併用乾燥に関する研究発表がいくつかあった。Poznan University of TechnologyのProf. A. Pawłowskiは、“Hybrid Drying of Biological Materials - Process Kinetics and Quality Aspects”と題し、通風乾燥過程においてマイクロ波、赤外線、もしくは両者を併用することにより、乾燥時間の短縮などを図った研究発表を行った。ポテトを対象とし、電磁波併用の有無、組み合わせの影響などを検討し、乾燥時間、エネルギー消費量、乾燥過程における表面色変化に着目したところ、マイクロ波や赤外線の併用が効果的であることを実験的に示した。報告された結果は、実際の乾燥操作に関して意義深い結果を示しているものと考えられる。一方、試料であるポテトの物性面からの議論が行われておらず、今後の課題であることを著者らも認めていた。また、食品などのように物理的・化学的に複雑な試料の乾燥過程における光学的特性の把握は非常に困難であり、今後の展開が望まれる分野と思われる。これらの研究発表を通じて感じたことは、個々の対象物に関するケーススタディーの展開は順調に進んでいることである。一方、複雑な現象を定量的に捉え、一般化・抽象化するためには、研究の初期段階として、機械学習などの手法の導入の必要性を感じた。

(三重大学・橋本 篤)

次に乾燥機構と噴霧乾燥に関する研究について述べる。

第1日目のSession A-1では、Liege University（ベルギー）のDr. Kahlerrasによるセメントモルタル内部の

水分分布をX線トモグラフで測定する研究が紹介された。非破壊の水分分布測定法として興味ある研究であった。Session A-2では、Otto von Guericke University（ドイツ）のDr. KharaghniによるKeynote lectureに引き続き、同氏による多孔質材料粒子の乾燥機構をpore networking modelで解析する研究が2報発表された。この研究は流動層コーティングでのバインダー液の付着、吸収、乾燥を2次元的なpore networking modelで解析したものであった。特に、乾燥中の結晶の生成と乾燥速度の関係について解析していた。

噴霧乾燥に関する研究としては、単一液滴の乾燥特性曲線とCFD（Computer fluid dynamics）を組み合わせた解析（Dr. Tran：Otto von Guericke University）や同大学のDr. Jaskulskiによる乾燥粉末の粒子径分布の推定の研究が目をつけた。いずれの研究も実機に近いサイズの噴霧乾燥機（後者のものは直径6m、高さ37m）を用いて実験をおこなっていた。現在の日本では考えられない研究であった。近年、Büche社（スイス）が開発した卓上式噴霧乾燥器を用いたmicroencapsulationの研究が盛んにおこなわれており、RSM（Response surface method）と組み合わせた最適化の研究論文が多く出回っている。これらの研究結果が実機への応用に対してどの程度耐えられるものであるかを改めて考えさせられた。

(鳥取大学・古田 武)

凍結乾燥に関連する研究発表は必ずしも多くはなかったものの、充填微粒子層の凍結乾燥や、攪拌装置を装備した装置による粉末凍結乾燥、チューブ式チャンバーにより氷核形成の制御を可能とした凍結乾燥機など、近年注目されつつある技術が実直に存在感を示していた。水分の移動現象の理解や、それに関わるパラメータの推算に、CFDやX線CTなどの技術を利用する研究発表も比較的多く見られる一方で、乾燥モデルはより簡易にし、現場実装を目指すという風潮も感じた。支配因子とそれに関わるパラメータが十分適切であれば、簡単なモデル計算でも生産を実施する上では十分な精度を実現できるというコンセプトと筆者は受け止めている。その反面、食品乾燥のモデル化と題し、含水率変化にPage式などの対数式を当てはめる発表に対し、「タイトルにある“モデル化”に相当する部分の発表はどこでしたか？」という意地の悪い質問が飛んでいたのが印象的であった。返答に困る発表者に対し質問者は、「あなたがしたのはフィッティングです。モデル化ではありません。」と追い打ちをかけていた。人それぞれ考え方はあるだろうが、少なくともIDSにおいては、移動現象と関わる科学を基盤として、エンジニアリングへと繋げる手法を作っていくという流れが脈々とあるのだと感じた。

(京都大学・中川究也)

ポスター発表は、技術セッションからもポスターとして18件の発表があった。近年、産業側の発表が少なくなっていたのを、今大会では会社からのポスター発表が企画され、実際の乾燥装置のスケールが伺えるポスター発表がなされた。一般ポスターは、1日目57件、2日目76件のポスター発表がなされた。インダストリアルポスターで、ハウス食品はウコンを含む食品粉末の混練機を用いたコーティング法について、ポッカは、アクアガス（過熱水蒸気）を用いた流動層での造粒について発表し、高温の水蒸気で添加材の少ない造粒手法が確立できることを発表した。狐崎氏らは、乾燥時のストレス発生に関するモデル実験と理論的解析手法について発表した。このような数理物理学研究からの乾燥に関する研究を実施している応用物理学研究者のグループがあることを、ポスター発表から認識した。

(香川大学・吉井英文)

### 3. Banquet と各種表彰

Banquetは8月9日18:30~20:30の間に、隣接する「都ホテル」でおこなわれた。食事は日本食が中心で、ことの演奏などの余興が織り込まれていた。Banquetでは恒例によって各種の表彰がとりおこなわれた。今回の各種表彰者は以下の通りである。

#### 2016 Arun S. Mujumdar Medal

Prof. H. Yoshii, Kagawa Univ.

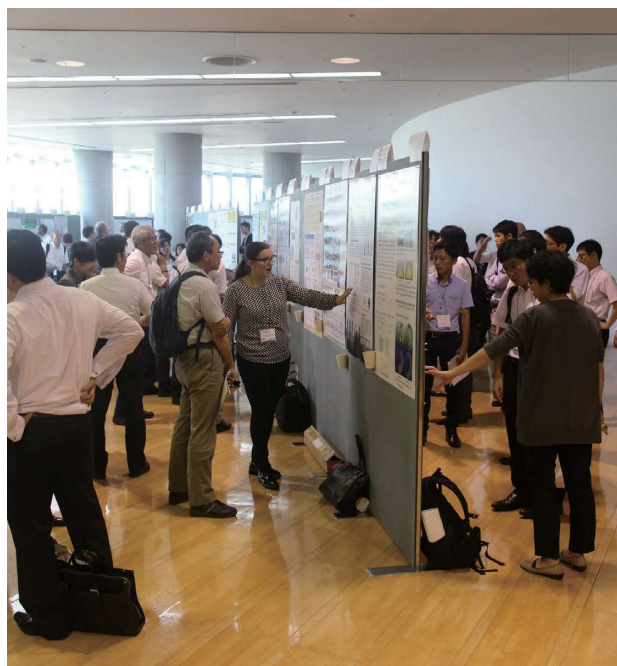


Fig. 3 ポスター発表会場

#### Award of Merit for Book-Length Publication with Focus on Unique and Industrially Applied Green Drying Technology

Prof. O. Alves-Filho, Norwegian University of Science and Technology

#### Best Research Award

- ・ Quantification of Non-Uniform Deformation of Shrinkable Materials during Drying via Digital Image Analysis, A. Stienkijumpai, M. Jinorose, S. Devahastin.
- ・ Model for Drying and Inactivation of Baker's Yeast Particles in Fluidized Beds Operated under Reduced Pressure, S. Zarekar, A. Bück, Michael Jacob and Evangelos Tsotsas.

#### Best Poster Award (一般の部)

- ・ Effects of Operational Conditions on Drying Characteristics of Fine-Powder Suspension in Fluidized Bed of Inert Particles, Y. Tatemoto, K. Koyanagi, A. Komuro and Y. Bando.
- ・ Effects of Arabic Gum and Whey Protein on Retention of Herbal Compounds During Fluidized Bed Seed Encapsulation, L. Benelli and W. P. Oliveira
- ・ Texture Analysis of Dried Papaya (*Carica papaya* L.) Previously Treated with Calcium and Osmotic Dehydration, J. Rodríguez-Ramirez, J. Baragan-Iglesias, S. S. Sablani, L. L. Mendez-Lagunas and S. Sandoval-Torres

#### Best Poster Award (学生の部)

- ・ Encapsulation of Squalene Oil by Spray Drying, A. A. Ghani, K. Matsumura, A. Yamauchi, H. Shiga, S. Adachi, H. Yoshii
- ・ A Novel Pressure Swing Drying Module for Energy-Saving Drying with Superheated Steam, L. Chen, Y. Kansha, M. Ishizuka and A. Tsutsumi
- ・ CFD Study of a Designed Forced Convection Solar Dryer. Application to the Drying of *Punica granatum* *Legrelliae's* Flowers, H. E. Ferouali, S. Doubabi, T. E. Kilali and N. Abdenouri