

## ICCF19 報告

北村晃・高橋亮人(株)テクノバ



第 19 回の常温核融合国際会議 (ICCF19; <http://www.iccf19.com/home.html>) が、イタリアパドヴァの Palazzo della Ragione (ラジオーネ宮殿) で、4 月 13 日～17 日にわたって開催された。パドヴァは紀元前 10 世紀以前に造られたとされる歴史的価値の高い非常に古い城塞都市である。パドヴァ大学はガリレオや解剖教室(アナトミア)で有名な、1222 年設立のイタリアで二番目に古い大学である。また、Santo-Antonio バシリカは今も巡礼者で溢れる美しくて活力ある観光スポットである。エルミターニ市立美術館の 2 階は、ルネッサンスから印象派に至る一日で見るのが無理な数の絵画に圧倒される。皆さんイクスカーションには不自由しなかった。

会議は、Antonio La Gatta が General Chair を、SRI International の Mike McKubre と ENEA の Vittorio Violante が Co-Chair を務めた。La Gatta は ICCF19 を主催している医療機器等メーカー TSEM S.p.A. の社長であり Univ. Ferrara の教授であるほか、イタリア国内外の機関で数々の要職を占めている。さらに、スポンサーには SKINR、後援機関には ENEA の他、イタリア研究評議会、イタリア経済省やイタリア工業総同盟が名を連ね、相当力の入った運営であった。月曜日午前のオープニングセレモニーは、パドヴァ管弦楽団の演奏で始まった。ベートーベンの小曲など 3 曲の後、ロッシーニの曲で締め繰られた。そして、パドヴァ市長代理の市会議員、パドヴァ工業総同盟副代表、教育研究省関係者、Univ. Ferrara 関係者など 6 名に加えて、ブラジル経済開発省からも担当者が挨拶し、市を挙げての歓迎ぶりが窺えた。最後に ICCF19 Scientific Committee 委員長の Robert V. Duncan が締めくくった。しかし、これらの挨拶の半数は、ポルトガル語の通訳も含めて、イタリア語で行われ、国内への宣伝という意味合いが強いと感じられた。参加者人数は事務

局によると 450 名という膨大な数であったが、家族等同伴者を含めての数と思われる。それでも、二日目以降の座席数は 260 用意されていた。

上記のように派手な外面に反して、発表の運営に不満を持つ人は多かった。何と、アブストラクト集が配布されず、配布されたのはプログラムのみ、しかも、共著者名や発表者の所属すら記されていない冊子であった。席は椅子のみで、セッションは時間通りに始まらないし終らない。口頭発表者からはスクリーンが見えずレーザーポインタを使えないので、発表者も説明に苦労したし、聞く方も理解に苦労した。ポスターの取り扱いも杜撰で、口頭発表の人にもポスター提出が求められて提出され掲示されていたまでは良かったが、パネル面が不足すれば「ポスター発表優先」と、遅れて提出されたポスターを上から貼り付けられた人もいた。最も驚いたのは、最終日の最終セッションには司会の二人のうち一人が不在であったり、“Closing Ceremony”に General Chair も二名の Co-chair 達も不在で、Local Organizing Committee の Chair らしき人が閉会を宣言した。CMNSgoogle のフォーラム討論に“All hat, no cattle.”と酷評する人もいた。



参加者名簿がないので参加者の内訳は不明であるが、口頭発表のみに関していえば、米国機関・個人から 14 件、ロシア・ウクライナ 6 件、日本から 5 件、イタリア 3 件、フランス、中国、スイス、ドイツからそれぞれ 1 件、合計 42 件の発表があった。ロシアからの参加者が多いことと、珍しくドイツの教育研究機関から実験系の発表があったことが目を引いた。また、ポスター発表は 65 件が申し込まれていたが、十数件の取り消しがあった。それを見込んで、口頭発表者にもポスター提示を求めているものと思われるが、それにしても人のポスターの上に別人のポスターを重ねて貼り付けるという前述の珍事は前代未聞である。

以下に、(A)研究体制・組織の改編、(B)実験関係、(C)理論関係 の順に内容の概要を紹介する。

#### (A) 研究体制・組織の改編

最も注目されたのは、予めプレス発表されていたように、東北大学電子光物理学研究センターの笠木治郎太研究教授と株式会社クリーンプラネット(吉野英樹代表)が「凝縮系核反応に関する共同研究部門」を設立したことである。その趣意説明等が、MHI から移籍した岩村康弘特任教授から説明があった[S1\_003]。非常に意欲的な計画で、凝集系核物理全体の観点から過剰熱と核変換を科学として極めようとするものである。トヨタ中研から名古屋大学研究員に移籍した日置辰視氏の例もあり、気が付けば、日本におけるこの分野の中心的研究者の大半が大学に研究拠点をもちことになった。基礎回帰と言うべきか、やはり革新的技術の展開には、目先の利益にとらわれない環境の中でしっかりとした学問的基盤の上に立つことが必要だということであろう。

もう一つ、注目されるポスター発表があった。それは、フランスに学会 FSCMNS が設立されたことである[P00]。J.P. Biberian をはじめ、Marseilles 大学で彼の研究室学生であった N. Armanet、ICCF 会議の常連 P. Clauzon、J. Ruer 等が設立発起人に名を連ねている。

また、Missouri 大学に Sydney Kimmel Institute for Nuclear Renaissance (SKINR)を創った R. Duncan は、Texas Tech Univ. に移籍して The Center to study Anomalous Heat Effect (AHE Center) を設立した。その目的や実験装置整備状況、そして予備的実験の様子が T. Scarborough からポスター発表された[P52]。電気化学的 D/H 吸収(電気分解)体系を整備し、McKubre と Violante の協力を得て、種々の材料分析器、質量分析器、ガスクロマトグラフィーを駆使して、過剰熱発生と  $^4\text{He}$  発生との相関、材料物性との関係を見極めようとしている。

冒頭の M. McKubre (SRI International) の講演[S1\_001]は、26 年を経過した現在の状況分析を踏まえて今後の研究体制のあり方を提案するものであった。“Fleishman-Pons (F&P) effect”は数々の追試を経て“more than right”となっているが、まだまだ公衆が認知するに十分な証拠・データが得られている訳ではない。例えば kW オーダの出力で COP > 2 を主張する“Rossi Effect”の技術が確かなものであれば公衆を説得できる有望なものと評価し、ノウハウを独占することなく、オープンに協力して進める研究体制が Cold Fusion 分野全体の生存・発展のために必要と論じた。これは当然のことではあるが、起業家の参入が増加している現在、強調しすぎることはないであろう。

S. Katinsky は[S6-001]の講演で、LENR 利用技術の確立及び普及促進などを目的とした協会“LENRIA”(Industrial Association for LENR)の設立が D. Nagel と共同で進行していることを報じた。

## (B) 実験の進展

最近の注目はやはり第一にガス相 D/H 吸収時の過剰熱であろう。以下に、(1)ガス相吸収法、(2)電気化学的吸収(電気分解)法、(3)ビーム実験、(4)元素変換、そして(5)新たな試み・その他を順に述べる。

### (1) ガス相 D/H 吸収時の過剰熱

最近特に注目されているのが上記の A. Rossi (Leonardo Corp.)の E-Cat 及びその再現実験で

ある。Rossi 自身は詳細を公表していないが、昨年から A.G. Parkhomov ら(Lomonosov Moscow State University) が“Rossi analog”で追試を試みていた。約 3MJ (830Wh) の過剰エネルギー (COP=1.2~2.6) を得た 1 号機に次いで、長時間運転できる 2 号機の成果を紹介した[P46]。640mg の Ni に 60mg の Li[AlH<sub>4</sub>] を添加した試料を 1100°C 以上で 3 日余り運転することにより、150MJ (40kWh) の過剰エネルギー (COP=1.3~1.7) を得たという。取り敢えず再現性はそれほど悪くないようである。その間、放射線は観測されず、予備的な電子顕微鏡分析では、同位体比の変化や新規元素の検出も検出限界未満であるとしている。

同様の手法で同種の試料[1g-Ni + 0.1g-LiAlH<sub>4</sub>]を J. P. Biberian (Aix-Marseille Univ.)も追試している[P07]。マスフローカロリメトリーにより、500°C から徐々に増加し 1000°C で急増する過剰熱を測定したと報告した。

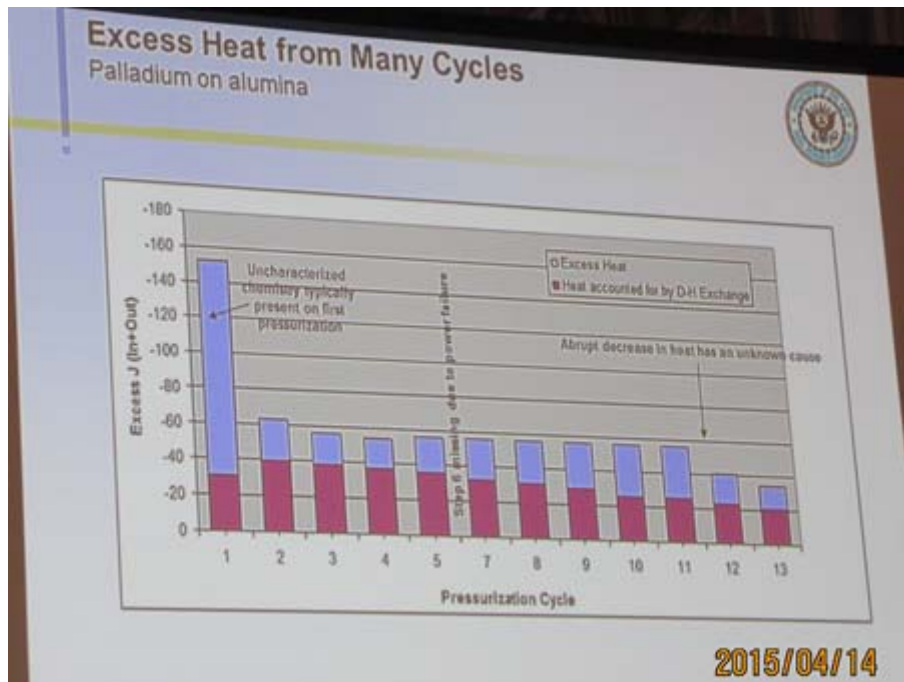
Kitamura-Takahashi (Technova Inc.) [S4\_004]は、昇温精密カロリメトリーにより、各種 Ni 主体試料における発熱を調べ、主成分の Ni に少数の第二成分原子として Pd や Cu を混入させた時のみ 10W (15keV/atom-H) 程度の過剰熱が観測される。これを少数原子の触媒効果によると推論した。それらの試料は、Ni 単体ナノパウダ以外は、メソポーラスシリカを担持体とした試料であった。

T. Hioki (Nagoya Univ.) [S4\_003]は、メソポーラスシリカ担持 Pd の水素吸収量 H/Pd を Pd 濃度の関数として調べた。高濃度試料はメソポーラスシリカ試料外表面に凝集するためにバルク Pd と同程度かそれより少し多い H/Pd を示すが、凝集が無視できる低濃度試料ではむしろバルク Pd 吸収量の半分程度しか吸収しないという実験結果を示した。

ICCF17 以来、著しい過剰熱を発生したと発表しているのが E. Celani (INFN) のコンスタンタン線 (熱電対材料) への水素吸収実験である。今回の発表はポスター[P11]に回され本人は不満を表明していたが、内容的にはそれほど充実したものではなく、1mV 程度の自発的起電力上昇が観測されたことや、不純物として Fe が含まれている方が異常発熱が大きい(入力 100W 時最大 15W)ことを報じるものであった。

Celani's wire の追試をしているのが、SKINR の A. El-Boher らである[P19]。Celani 本人から提供された 6 本と M. Valat (Martin Fleischmann Memorial Project (MFMP) team) から提供された 2 本の修飾コンスタンタン線を試供し、マスフローカロリメトリーによるより精密な熱収支測定を行い、8 本全て過剰熱なしと結論した。なお、MFMP は Celani's wire や JET Energy の NANOR など種々の方式を標準化した方式で再試している組織で、Valat は ICCF18 で Celani's wire について肯定的な結果を報告していた。

辛口の D. Kidwell (NRL) は[S2\_004: “Is the excess heat from gas loading consistent with D→H exchange rates?”に題目変更]の発表で、数年前から主張している「D→H 交換」説を定量的に深化させた。ゼオライト担持 Pd の水素同位体交互吸収実験において、D 吸収時に脱蔵時の吸収熱よりも多くの熱を発生することの理由を、残留水分子との同位体置換反応  $D_2+H_2O \rightarrow HD+DHO+0.04eV$  及び  $D_2+H_2O \rightarrow H_2+D_2O+0.09eV$  によるとしていた。今回の発表では、「観測されている発熱量はそれで説明できる量の 1.5~2 倍」として、何らかの他の原因、即ち LENR が考えられると結論した。

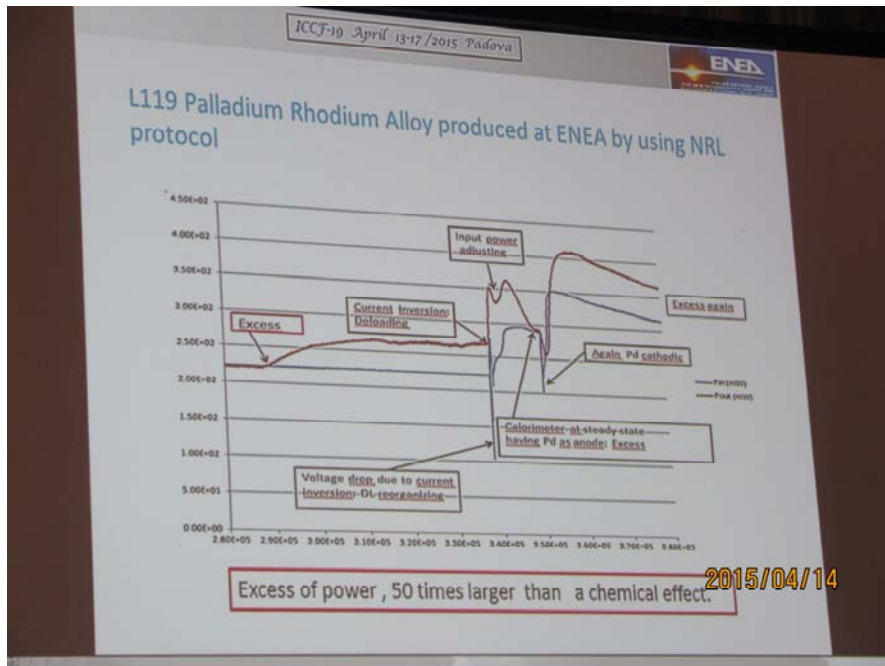


D-H 交換だけでは説明できない“Excess heat” (Kidwell [S2\_004])

ガス相吸蔵法は、元々、メルトスピニング法により作製した  $\text{Pd}_x\text{Ni}_y/\text{ZrO}_2$  試料が良好な過剰熱特性をもっていることを Y. Arata らが見出したことから発展してきた。Torino 大学の Prof. M. Baricco 研究室では、 $x/y$  の比率が非晶質化／酸化特性に与える影響を示差走査熱量測定と XRD により調べている。Ni が混じると酸化反応が著しく遅れ、完全なナノ粒子担持  $\text{ZrO}_2$  は生成し難くなることを、大学院生の E. Marano が発表した[P39]。

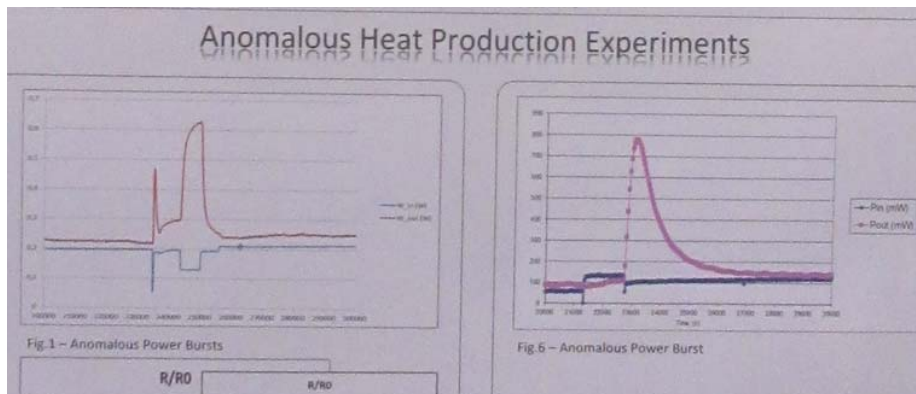
## (2) 液相での D/H 吸収：電気分解の進展

V. Violante の本拠地イタリア ENEA での研究、及び米国 NRL や SKINR との共同研究は、伝統的な電気分解における過剰熱と試料表面性状の関連に注目している。今回の発表[S2\_003]では、近年発見された  $10^{10}$ – $10^{11}$  Hz の RF(むしろμ波)放射と過剰熱発生、電気化学的インピーダンススペクトル(EIS)との相関の有無を調べている現状を報じた。



COP=1.2 ながら再現性良い Excess power (Violante [S2\_003])

Violante の ENEA グループから関連した一連の研究として、多種の表面特性評価機器を駆使していることを S. Lecci が[P38]で紹介し、F. Sarto [S5\_004]がサイクリックボルタメトリーが表面一様性や D/H 負荷状態に敏感なその場分析法として有用であること、また、E. Castagna [P10]が入念に設計されたマスフローカロリメトリーを 2 例(300%と 500%)の過剰熱事象と共に紹介した。



300%(左)と 500%(右)の過剰熱(Castagna [P10])

液相吸収体系での RF 放射に関しては NRL の D. Kidwell も調べている[P34]。但し、ENEA グループと異なり、約 6MHz の周波数帯域であり、吸蔵 D のサイト間ホッピングに伴う電磁波発生と推論している。

SKINR でも、気相吸収方式以外に液相吸収法も種々の方式を研究しており、口頭発表では O. Azizi が表面状態の影響を報告した[S3\_001]。Devanathan-Stachurski の二電極法を用いて、厚さ 50 $\mu$ m の Pd 箔の水素同位体透過特性を測定した。Pd の表面状態を、王水処理、硝酸処理、未処

理、ピリジン塗布、チオ尿酸塗布などして変化させたが、吸蔵特性には二次的な影響しかなかったと報じた。ポスター発表では、[P18](D. Pease, A. El-Boher)で、100 $\mu$ m厚 Pt 膜陰極 LiOD 電気分解装置を用いて低エネルギーX線と $\alpha$ 粒子の検出を試みたが、有意な信号は検出されなかったことを報じた。理由は過剰熱が ON 状態でなかったことを挙げている。[P20](O. Azizi, A. El-Boher)では、single-walled carbon nanotubes(SWCNT)とグラフェン被覆陰極を用いた重水電気分解を試みている。前者の陰極で20回の試行中1回のみであるが、COP=5,500%を記録し、その表面にのみ Sn と Pb が不純物として検出されたことを報じた。後者では、未だに過剰熱はない。[P21](O. Azizi, A. El-Boher)では LiOD 溶液中に浮遊させた Pd ナノ粒子を電気泳動法的に co-deposition させることによって、Pd 陰極表面にナノ構造を導入する方法を試みた。抵抗率変化  $R/R_0$  は2に止まった ( $D/Pd \leq 0.75$ ) が、高度に再現性の高い COP=1.15~1.65 の熱発生が見られた。

Coolescence LLC でも以前から電気分解方式を研究しているが、過剰熱を観測できておらず、吸蔵率 D/Pd を増加するために純 Pd 表面の性質を制御する方法を調べることから出直すとしている。D.L. Knies と S. Hamm は[S5\_001, P30]で、(100)面のキューブテクスチャを得るレシピを見出したとし、さらに、電気化学的インピーダンス分光法(EIS)やクロノポテンシオメトリー(CP)を用いて、表面不純物の影響を調べた。高い D/Pd を得るには、表面モフォロジーや結晶学的性質よりも、“promoter impurities”の存在が第一義的に重要であることを、Cu をその promoter とした試験結果から、結論している。O. Dmitrieva は PdD 表面を一原子層の Cu や Pb で覆った体系の D と D<sub>2</sub> に対するポテンシャルを密度汎関数法シミュレーションで計算した。そして、Cu や Pb の被覆により吸着ポテンシャルが上昇することを示し、Tafel 型再結合脱離反応を抑制してより高い D/Pd を得ることができることを示した[P16]。

次いで、近年試行されることが多くなってきたのが、電気分解の電流値を大きくしたプラズマ電解である。前に述べたドイツの教育機関(Georg Simon Ohm TU)からの発表[S6\_003](A. Glomov)は、プラズマ電気分解における過剰熱と元素変換の予備的実験結果を報じるものだったが、ロシアトムスク工大との共同研究で、発表者はロシア人であった。

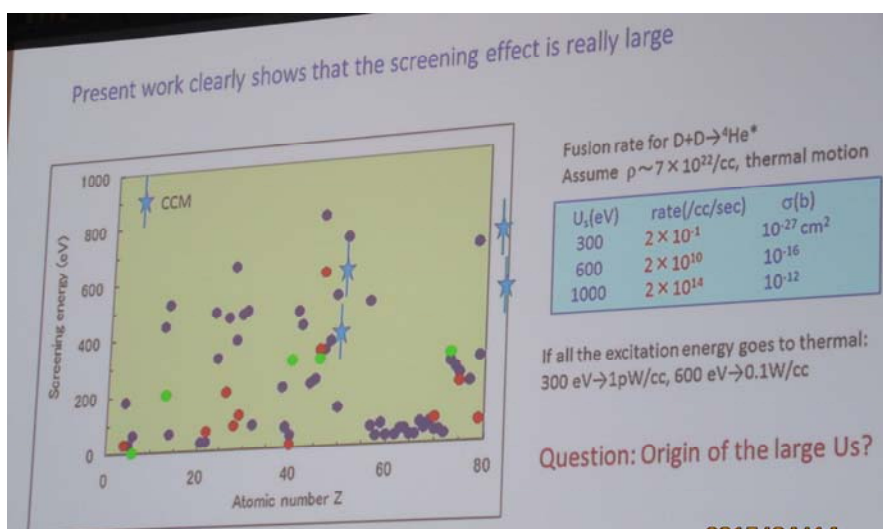
ロシアからの常連の一人 Yu.N. Bazhutov は、“Russian E-Cat”(“E”は“Erzion”)と呼ぶプラズマ電気分解装置“Fakel”シリーズの紹介をした[P03][P05]。[(2.5-10)M-NaOH+2M-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]軽水溶液を電解液とし、0.1mmf の Ni 薄膜を陰極、 $\phi$ 6mm の W 又は Nb を陽極として、(500-800)V/(1-5)A のプラズマ電気分解で700%に及ぶ過剰熱観測したとしている。仮(夢)想粒子 Erzion が触媒作用をするという解釈[P04]は論外としても、実験結果には注目すべきところがあるかも知れない。

多くの方法を素早く追試している J.P. Biberian はプラズマ電解も追試している[P06]。5気圧の KOH 又は Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液のプラズマ電解(600V/3.3A~300V/6.6A)で、12%の過剰熱を観測したというが、詳細は提示されなかった。

また、2007年 COP=2.1 を記録して以来 Ni 電極/LiOH 電解液での電気分解実験を続けてきた Brillouin Energy Corp. の R. Godes は、今回 24W の過剰熱(COP=4)を報告したが、やはり詳細を語るものではなかった[P24]。

### (3) ビーム実験

keV 領域の d+d 衝突核反応断面積を測定して固体・液体中のクーロン障壁遮蔽ポテンシャル  $U_s$  を求める実験が以前から日、独、波蘭の数機関で行われ、多くのデータが蓄積されている。低エネルギーではビーム生成の比較的容易さのために  $D_2^+$  や  $D_3^+$  ビームが用いられるが、J. Kasagi は[S3\_002]で“Cooperative Colliding Mechanism (CCM)”寄与していることを指摘し、液体の In や Sn、Pb、Bi の  $U_s$  が 380~670eV にも達することを述べた。Thomas-Fermi 遮蔽ポテンシャルでこれを説明するには固体密度より 6 桁大きい電子密度が必要であり、凝集体中での (d+d) ペアに働く力のもっと深い理解が必要であることを述べた。



種々の物質中の遮蔽ポテンシャル (J. Kasagi [S3\_002])

ロシアでも数年来進行している同様の実験経過を A.S. Rusetski が[S1-004]で述べたが、上記にまとめられている Kasagi や Czarski らの研究に比べて未だ初期的段階にあるように思われる。

### (4) 核変換

前述のように、Y. Iwamura らの今回の発表[S1\_003]は東北大での新展開の紹介で、2015 年度中に、放射化分析を取り入れて安定同位体の核変換をより確実なデータとし、2016-2018 年度に放射性同位元素の安定同位体化を実証するという計画を披露した。

以前からモスクワ国立大の A. Kornilova とキエフ国立大 (ウクライナ) の V. Vysotskii らは、半減期 30 年の  $^{137}\text{Cs}$  を添加した微生物培養液の放射能が約 1 年の時定数で減少するという一見比較的美しい実験結果を示し、 $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{138}\text{Ba}$  の核変換を主張していた。今回、メタン生成細菌の培養液による安定同位体の  $^{133}\text{Cs}$  から Ba への変換を XRF の測定により観測したとしている[S7\_002]。そして、その機構として、DNA 複製過程に生ずる非定常的ポテンシャル中に coherent correlated state (CCS) ができて大きな運動量を与えると仮(夢)想している。いずれにしても、原子同定ではなく、原子核を同定する測定が望まれる。

A. Klimov ら (New Inflow LLC) は、ソ連のノーベル物理学賞受賞者 P. Kapitza が 60 年前に手がけた渦状ガス流中マイクロ波生成プラズモイドを 1970 年代から研究している。今回



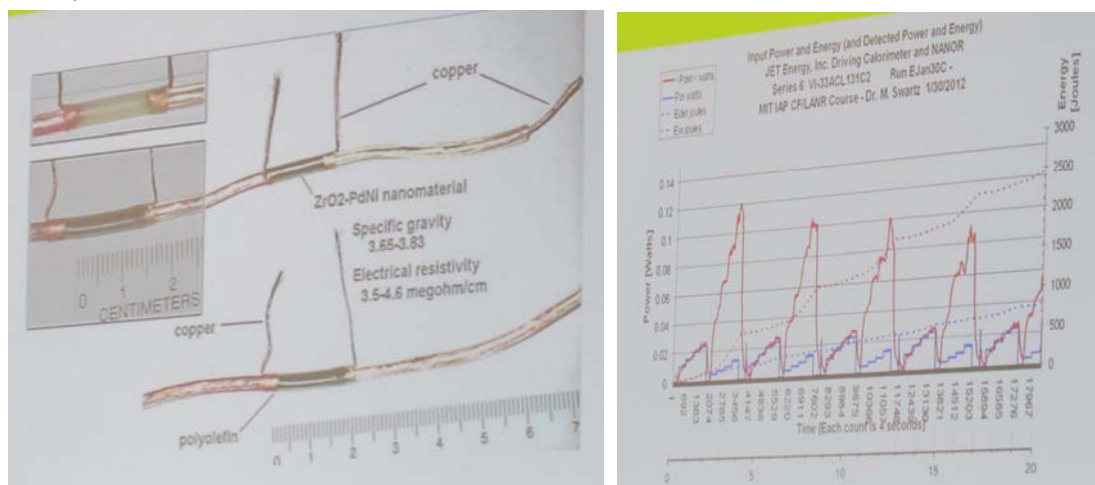
[S7\_001][P35]彼らは、 $H_2O$  と  $Ar$  の混合気体に RF+DC 電圧を印加して生成した Plasmoid Vortex Reactor (PVR)からの放熱が、1~10kW (COP=2~10)の過剰熱を呈していることを突き止めた。そして、1~10keV の軟 X 線放射と、陰極 Ni の原子組成変化を報告しているが、やはり同位体比変化の測定が望まれる。

U. Mastromatteo [S3\_004]は Pd- $H_2$  ガス系にレーザ照射して原子組成の変化を調べている。前回発表した He-Ne に比べて今回の 405nm は効果が弱いながらも同様の照射効果が元素同定により確認されている。

他に、電気分解電極中の微量元素含有率変化を論じたもの[P42] (R. Mondaini) もあるが、説得力は感じられない。

### (5) その他、新方式、応用

2013 年 JET Energy Inc.で NANOR<sup>®</sup>を開発し Nanortech Inc.を立ち上げた M. Swartz と MIT の P. Hagelstein は、[S6\_002]でその後の進展を紹介した。NANOR<sup>®</sup>は  $ZrO_2$  マトリックス中に Pd、PdNi、又は Ni のナノ領域をつくったもので、D 又は H を負荷する過程と電流を流すことによる熱発生過程を分離しているという利点が強調されているものの、両過程とも詳細は明らかにされていない。100mW のレベルながら再現性良く過剰熱が発生するとしている。今回、 $ZrO_2$ -NiD 系で、約 30V で突然抵抗値が下がり入力パワーが上昇するツェナーダイオード的振舞があることと、COP $\approx$ 1,000 を達成したことを報じた。



NANOR<sup>®</sup>の構造(左)と過剰熱(右) (Hagelstein [S6\_002])

P Hagelstein は[P29](後出)でも展開しているように、核力場と凝集体電磁場の振動を繋ぐ仮想準粒子フォノンがあると仮定してそのカスケード放出(down conversion)により過剰熱発生を説明しようとしている。その自説に基づき、15MHz の振動を  $^{201}Hg$  に与えて 1.5keV 励起状態に励起(“up conversion”)することを現実に試み、 $^{201}Hg$  励起状態の崩壊に伴う X 線や電荷蓄積の検出に努力していると述べた[S2\_002]。

LENR 社会では、26 年間の研究の結果、非常に多くのデータが蓄積されている。Coolscience

LLCに限っても、350種類の陰極、35,000時間のラン時間、6,300,000のデータポイント、2,000のSEM画像、500のEDSスペクトル、600の電子線後方散乱回折(EBSD)データが蓄積されており、今後ますます増加する。これらを有機的に分析し、未知条件で最適な予測を得るために機械学習システムの導入を提案・実施していることを O. Dmitrieva が[S3\_003]で発表した。既に公開されている機械学習システムが複数存在する。

D. Nagel(George Washington U.)は、これまでに実験的に観測された爆発的事象をまとめている[S5\_002]。その目的は LENR 現象の科学的理解と応用のためとし、後者は、産業機器として流通させる場合の安全性の観点と、兵器として開発するという観点からである。科学技術の二面性は必然的とはいえ、もうこんなことを考える人がいるのかと些か暗い気持ちになった。爆発的事象としては、下記の学術誌／論文集／新聞記事／WWW等に記述された事象を挙げている。

- M. Fleischmann et al, J. Electroanalytical chemistry, Vol.261, pp.301-307 (1989).
- X. Zhang et al, Proc. ICCF3, pp.381-384 (1992).
- T. Mizuno et al, Proc. ICCF12, pp.64-74 (2006).
- J.P. Biberian, JCMNS, Vol.2, pp.1-6 (2009)
- K. Ashley as quoted by C.G. Beaudette; Oak Grove Press LLC, pp.35-36 (2002)
- C.N. Petersen, U. of Utah Press, p.218 (2012)
- S. Krivit, <http://newenergytimes> (7 Nov 2009) (event in LLNL replicating F-P)
- D. Hambling, <http://www.wired.co.uk/news> (event in MFMP replicating E-Cat)
- H. Mills, <http://pesn.com/2011/7/11> (event in tests by Rossi)
- C. Stremmenos, <http://www.e-cat.com/2012/12/22> (event in E-Cat)

また、多くの実験で電極表面上にクレータが観測されているが、直径 10 $\mu$ m のクレータを作るには 1 $\mu$ Jが必要と試算され、数 $\mu$ m 間隔でクレータができていると仮定すれば 10<sup>4</sup>J/cm<sup>3</sup>のエネルギー密度となる。これは TNT 火薬のエネルギー密度に匹敵すると試算している。生成機構として連鎖反応に言及しているが、反応生成物が次の反応の燃料になるという意味の連鎖反応ではなく、原爆的な要素はない。そして、いずれの応用にしても反応を制御する方法を研究することが肝要であると当然の見解を結論とした。

因みに、クレータに関しては、J. Ruerがクレータからの熱損失は熱伝導以外は無視できるとして、最高温度と事象の持続時間の関係論じている[P49]。

I.V. Goryachev(Kurchatov Institute)は[P25][P26][P27]で、脱塩、有毒・有害物質の処理などの他、一般用途のゼロエミッション電源／熱源だけでなく、放射性物質の消滅処理や、希少金属の創生など、多くの用途が考えられることを述べた。例として[P26]では、海洋域における固体汚染物の処理のための船舶搭載 PGMCC (Plasma-Gasification-Melting-Closed-Cycle)のゼロエミッション電源の設計を、[P27]では DTR (Distilling Transmutation Reactor)と称する脱塩・核変換装置による NaCl $\rightarrow$ SiO<sub>2</sub> への変換を、核子数の適当なつじつま合わせによる“原理”と共に紹介した。彼の[S7\_004]の講演は聞けなかったが、後者に関する説明であったと想像される。

### (C) 理論の進展

今回の ICCF19 では、理論関係の発表が相対的に過去の同会議の発表数に比べて、少なかった。全発表論文数 98 件中、理論関係は 21 件で、7 件が oral 発表、14 件が poster 発表であった。口頭発表の論文の概要をまず述べ、ポスター発表の様子を書き加える。

会議冒頭(4月13日)の第二発表者 G. Hubler の On a Possible Cosmological Explanation for the Anomalous Heat Effect と題する理論考察の発表は、新しい(奇抜な)観点からの意表を突いたものであった[S1\_002]。宇宙のエネルギーの多くを占めると仮想されている Dark Matter のエネルギーが PdD 系電気分解実験の過剰熱エネルギーの源であるという主張である。Dark Matter Energy を担うと予想されている仮想粒子 Axion は、超強力磁場により光子に変換されるとの仮説がある。この仮説に基づいて、PdD 系に発生する hyperfine magnetic field(HMF)が 1400 テスラに至る原子サイズの微視的磁場を発生して、Axion を photon(光子)に変換する。変換光子は、PdD 系の光子振動のフォノンに変換されて熱エネルギーとして発生する。D/Pd 比が 0.9 以上になった PdD 系では、HMF が PdH や他の金属水素系の凝縮系に比べて相当に大きくなることにより、PdD 系で目立った過剰熱発生が起こる。このような主張であった。したがって、観測されてきた過剰熱は、「常温核融合によるのではなく、Dark Matter のエネルギー変換による」とする大胆な仮説が、アメリカの CMNS/CF/LENR 研究者の中では最も保守的でミズーリ大学の SKINR 所長でもある G. Hubler から発表されたのは、驚きであった。

しかし、ナノ粒子と D ガスを用いた PdD 系の実験では、D/Pd 比が 0.0 に近いガスロード開始時にすでに最も high power の過剰熱が発生することが、Kitamura-Takahashi, Kidwell などの実験で、再現性 100%で観測されていて、Hubler の主張に矛盾している。また、Hubler の Dark-Matter から光子エネルギーへの変換の理論値見積もりは、Axion 場と電磁場(EMF)が 100%結合して反応すると仮定している。しかし、0.01-1eV の微量質量を持つとされる Axion はスカラーボソン(スピンゼロ)であるが、電磁場との相互作用をする gauge boson(力の伝搬を担う粒子:電磁場では光子、強い核力ではグルーオンまたはパイオン、弱い核力では W 粒子)が何であるのか未知である。したがって、Axion→photon の遷移(transition)を量的に評価する理論はまだできていない。定量評価できない(遷移行列 T が計算できない)はずである。Dark Matter から自由エネルギーが取り出せれば、無限のエネルギー源を手にすることになる。放射能はない。しかし、推論に無理があり、CMNS/CF の電気分解以外の方法による実験結果との整合性(consistency: つじつま)が合っていない。やはり「オカルトな理論で夢の段階」であろう。

J. Paillet(フランス)[S5\_003]は A. Meulenberg との共同研究で、水素原子(陽子-電子系、p+e system)を相対論的な量子力学方程式(Dirac equation)で固有値解析したとき現出するとされるフェムトサイズ H 原子レベル(DDL: Deep Dirac Level:約 500keV)がある。一方、H 原子の基底状態として原子物理で観測と一致して確立している 1S 電子レベル(13.6eV)の各波動関数がある。二つの波動関数の線形結合が  $H_2^+$  イオン(p-e-p の3粒子系)の相対論的 DDL を含む電子状態の波動関数の近似解となると考えて、陽子対捕獲ポテンシャルを求めた。既知でよく研究されている 1S 波動関数 2 個の線形結合とする解(Heitler-London の解)は、基底状態の p-p 核間距離 138pm を

与える負のポテンシャルウエルを作ることが分かっている。Paillet-Muelenberg の 1S+DDL 結合状態は、p-p 核間距離( $R_{pp}$ )が 20-100fm 付近に窪んだポテンシャルウエルを作ると変分原理計算の固有値計算でわかる。この時、p-p 間の実効的な運動エネルギー(kinetic energy)は約 100keV である。つまり、1S+DDL 結合状態は  $H_2^+$  イオン分子の定常基底状態ではありえない(DDL の電子レベル約 500keV に対応する光子の発生は、H-gas 生成で観測されていないので)が、高橋の 4H(D)/TSC 理論の時間依存の動的凝縮・collapse 過程の collapse に近い時間領域では電子の運動エネルギーが 1MeV を超して相対論の扱いを QM-Langevin 方程式の計算に加味しなければならない。このような相対論効果の強い時間帯で「短時間の p-p ペア疑似捕獲」を表しうると考えられる。もしこのことが確認されれば、高橋の 4H/TSC による WS-Fusion,  $4H \rightarrow {}^4Li^* \rightarrow p+{}^3He+7.7MeV$  (or  $2p+d+2.22MeV$ ) が、Ni-H 系の持続過剰熱発生の核反応エネルギー源とする理論モデルの実現性が有力になる。Paillet と高橋は、会議中に議論を交わして、今後情報交換して研究を進めることで意見が一致した。

D. Flippov の Increase in the Probability of Electron Beta Decays in a Super-strong Magnetic Field と題する講演は、ベータ崩壊核の寿命が超強力磁場の印加で短縮できるとする、よくある話であった(未確立の理論)[S4\_001]。FUKUSHIMA の  ${}^{137}Cs$  などの放射能の寿命が短縮できるとする、数ある(勝手な)仮説の一つである。宇宙の中性子星のような極端な条件が CMNS で発生できると仮定している。

Mike Davidson は、Off-Mass Shell Particles and LENR と題して大胆過ぎる理論をのべた[S6\_004]。原子核を作る核力(QCD 場)は相対論的であるので、原子質量は静止質量( $m_0$ )をもとに Compton 波長のゲージ粒子による核力交換に基づく標準理論の質量とエネルギー遷移モデルは、誤りであると主張している。質量欠損はすべて相対論的質量  $mc^2$  で計算すべきとする。弱い相互作用、 $e+p \rightarrow n+neutrino$  が室温で簡単に起こるとする。核物理・原子物理・固体物理の根幹をひっくり返す主張である。これは、4 つの力(重力、電磁力、強い核力、弱い核力)を説明する標準理論に矛盾しない現在の核物理・原子物理・固体物理の理論・データ集積で作られた科学体系を信じる main stream には、受け入れられない主張である。

V. Dubinko (Ukraine)は、Quantum Tunneling in Breather Nano-colliders と題する講演を行った[S8\_002]。ゼオライトのようなナノ孔をもつ材料に取り込まれた金属粒子が水素を吸収・脱蔵するときに呼吸するような振動状態が発生して、フォノン振動と共鳴して核融合の量子トンネル確率が異常に増大するとする、理論仮説である。

D. Szumski は、The Atom's Temperature と題する講演であった[S8\_003]。黒体輻射で原子が加熱されるとき、Maxwell-Boltzmann 分布の熱平衡状態から非常に逸脱した高エネルギー粒子状態が発生して、核融合の量子トンネル確率を高めてくれる。熱核融合と同じ DD 核融合が発生することになる。実験では過剰熱と He の発生は相関しているが、この過程での DD 反応で中性子が発生しない理由は、次段階で考える課題であるとして問題を回避している。

A. Takahashi は、今会議の最後の講演者であった[S8\_004]。Fundamental of Rate Theory for CMNS と題する講演を行った。凝集系(凝縮系)核反応(Condensed Matter Nuclear Reaction:

CMNR)は、負のポテンシャルウエルを持つ化学ポテンシャルに捕獲された H(D)ペア・クラスターで発生すると考えるのが王道である。高温核融合・ビームターゲット反応では、DD 核融合反応は2体の自由に運動するD粒子間のランダムな衝突過程として発生する。核反応率は、二体衝突量子波動関数の理論により衝突・融合断面積の形で計算される。衝突時間は 1.0E-23 秒の桁で、ゼロに近い。この衝突理論を CMNR に応用するとき、金属凝集系での負電荷電子雲による D(H)プラス電荷のスクリーニング(遮蔽)効果は、普通、Thomas-Fermi Model のような電荷遮蔽理論を用いている。しかし、Thomas-Fermi Model は自由ガスモデルであるので、ランダムな自由粒子間の衝突理論となる。このような二体衝突理論で CMNR の核反応率を求めると、正しい反応率を 19-20 桁過小評価する(次表)。

**Collision Rate Formula UNDERESTIMATES fusion rate of steady molecule/cluster**

Cluster	R <sub>dd</sub> = R <sub>gs</sub> (pm)	Barrier Factor	Steady Cluster d-d Fusion Rate (f/s)	Steady Cluster 4d Fusion rate (f/s)	Fusion Rate for d-d collision formula (f/s)
D <sub>2</sub>	74.1	1.0E-85	2.4E-66		3.6E-86 (4.0E-72)*
dde*(2,2)	21.8	1.3E-46	3.2E-27		1.0E-46 (1.0E-31)*
ddμ	0.805	1.0E-9	2.4E+10		1.5E-9 (1.0E+8)*
4D/TSC-minimum	0.021	1.98E-3		3.7E+20	

\* Frequency of d-d pair oscillation by QM-Langevin calculation was considered. 25

スライド1: 有限寿命を取り入れて Fermi 黄金律で計算した DD および 4D 核融合率の色々な核間距離状態仮想分子での値を二体衝突理論結果と比較した。二体衝突理論は、正しい CMNR 反応率を大幅に過小評価することが分かった。

高橋は、d-d ペアの量子論的粒子密度関数のバランス式を核力光学ポテンシャルを含む Forward Schroedinger Equation と Backward Schroedinger Equation を用いて導出した。

核反応率は、核反応光学ポテンシャルの imaginary-part  $W(r)$ の核内波動関数を用いたブラケット積分で与えられる。Fermi の第一黄金律として、負の化学ポテンシャルウエルを持つ凝集系の電磁場(クーロン場)に捕獲された DD ペアや D クラスターの Fermi 黄金律による核反応率は、スライド2で与えられる。

## Fusion Rate Formula by Fermi's First Golden Rule with Born-Oppenheimer Approximation

Inter-nuclear fusion rate      Barrier Factor

$$\langle \text{FusionRate} \rangle = \frac{2}{\hbar} \langle \Psi_{nf} | W(r) | \Psi_{ni} \rangle_{Vn} \cdot \langle \Psi_{cf} | \Psi_{ci} \rangle_{Vn}$$

$$Vn \approx 4\pi R_n^2 \hat{\lambda}_\pi$$

: Effective Volume of Nuclear Strong (Weak) Interaction Domain

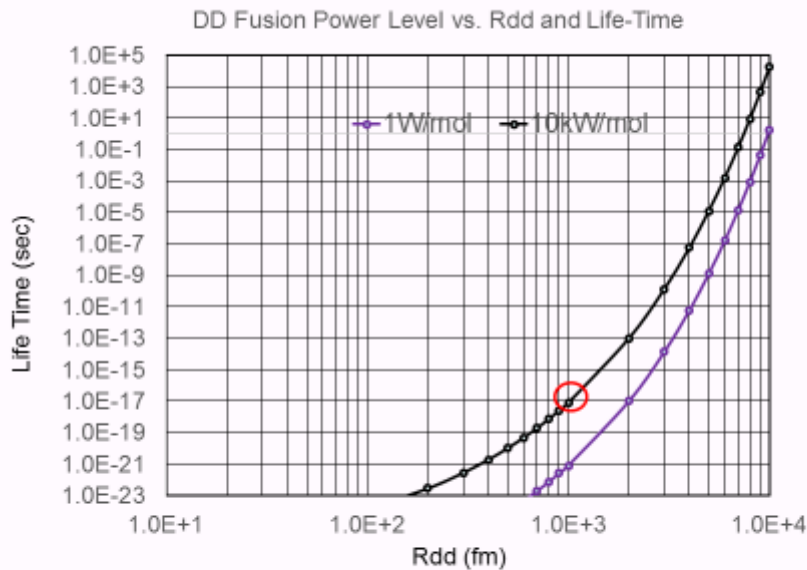
$\hat{\lambda}_\pi$  : Compton wave length of pion (1.4 fm) (weak boson: 2.5 am)

$R_n$  : Radius of Interaction surface of strong (weak) force exchange

13

スライド2: CMNR の反応率は Fermi の黄金律で与えられる。核内強い相互作用の<W>積分と核外電磁場(金属凝集系の D(H)捕獲場)からの核力場領域への量子トンネル効果(barrier factor)の積で与えられる。

既知の D<sub>2</sub> 分子などの定常基底状態では、実験で観測されたような異常な過剰熱のレベルに対応できる DD 核融合率には遠く至らない。4D/TSC のような動的凝縮・collapse が多数系のクラスターのダイナミクスで過渡的に発生する場合に、時間依存の仮想捕獲ポテンシャル(HMEQPETポテンシャル)を用いて、DD 核間距離の関数と微小な time-step-interval での存在時間(仮想寿命)の関数として、DD ペア1モル(6.023x10<sup>23</sup> 個)当たりの CMNR 核融合出力カーブ特性が、スライド3のように計算された。



24

スライドー3:DD 核間距離と存在時間(寿命)の関数として与えられた CMNR-DD 核融合の出力の図。

10kW/mol-DD の出力は、DD 核間距離 1pm で 10 アト秒の寿命で達成できる。4D/TSC の凝縮・collapse では、2.8 ナノモルの 4D/TS の発生で、10kW 出力となり He-4 が反応の生成物で中性子・ガンマ線のような放射線は発生しない。アメリカの主リーダーは、「既存の物理理論と矛盾せず、最もよく開発された CMNR 常温核融合理論である」との賛辞を送った。

ポスター発表では、Calaon [P09] の弱い相互作用による反応の羅列(反応率をあたえず)、N. Cook [P12] の幾何学的核構造モデル(強い核力相互作用による中間励起状態を考えない、反応率をあたえず)、Davtyan [P15] の Ni+p→Cu\*式の羅列(反応率をあたえず)、Frizone [P23] のいつもの最も保守的な二体衝突 DD 反応、Hagelstein [P29] の核力場と凝集体電磁場の振動を繋ぐ仮想準粒子フォノンが存在すると仮定(勝手に)した第二量子化式の議論、Hatt [P31] の核変換式と質量欠損の式の羅列、Meulemberg [P40] の DDL の話、Paillet [P43] の H 原子の DDL の基礎理論、Sawada [P51] の磁気モノポール誘起の DD 核融合、Toilmela [P59] の核変換式の羅列、Umarov [P61] の多体問題解としての CF の扱い、Vysotskii [P63] の coherent correlated states、などであった。これらに共通しているのは、反応率を議論しないことで実現性を示せていない点、強い核力相互作用つまり核反応を取り扱わない「核反応論」という奇妙な点、である。

#### (D) ICCF20

次回の ICCF20 の開催はアジア大陸の順番で、中国か日本、または両国共同開催という噂もあった。ISCMNS の president であり ICCF の常連であった Prof. X.Z. Lee(精華大学)は今回出席で

きず、出席者は Prof. Lee の後継者と見られる厦門大学の Prof. Z. Tian 他数名のみであった。そんなこともあって、結局東北大学が岩村・笠木の協同議長の前、単独でホストすることになった。2016 年 10 月に仙台での開催が予定されている。なお、そのあと、中国の厦門大学(アモイ市)でサテライトミーティングが計画されている。