

第2回「極限条件におけるハドロン科学」研究会

日本原子力研究所

千葉 敏

chiba@hadron31.tokai.jaeri.go.jp

通常見られる自然現象には多くの物理量が関係していますが、これらの物理量の間にある関係を見出すには、注目する物理量だけを変化させて他を固定することが必要となります。いわゆる極限状態においては特定の物理量が際だつことになるので、物理量間の関係を記述する法則を発見することが容易になると考えられます。そしていったん法則が分かっしまえば、その特徴は極限状態に限らずに現れていることが理解できるわけです。その逆もちろん原理的には可能ですが、日常的な現象から、その底にある特定の基本法則を見つけだすことはよほどの幸運がない限り難しいのは良くご存じのことと思います。また、自然界にはしきい値が存在し、それを越えないと現れない現象があります。例えば中性子は高速に加速された原子核を衝突させることで発見されたわけで、このような（当時としては）極限条件を実現しない限り、発見されなかったであろう未知の粒子や法則がたくさんあります。さらに、極限状態によって驚きと呼び覚まさない人間の知恵も眠ったまままでいることになります。

と、偉そうな書き出しで始まりましたが、実は上の文章は、日本物理学会編の「極限状態の物理」（丸善）の序論で早川幸男先生が書かれていることの要約です。さて、核データ分野も含めてハドロン物理の分野で極限状態を作り出すにはどのような方法があるのでしょうか？そもそも、ハドロン物理の分野で極限状態とはどのような状態のことを言うのでしょうか？

核力には飽和性という性質があるため、ほとんどの原子核は同じ様な密度（＝飽和密度）を持っています。また、重い核になると多少ずれてくるとは言え、基本的に原子核は“中性子数＝陽子数”という状態が安定です。従って、飽和密度、中性子数＝陽子数の、冷たい（温度＝0）フェルミ液体、というのがハドロン（多体系）の通常状態である（原子核）、ということが出来ます。つまり簡単にはそのような状態と異なる状態を作れば、それが極限状態ということが出来るわけです。このため、原子核を高エネルギーに加速して衝突させることで、熱い、密度の高いハドロン物質を作り出す実験が世界各

地で行われています。そして、そのような熱いハドロン物質はどのような性質を持っているのか、またどのような条件でクォークとグルーオンが自由に飛び回っている状態（クォーク・グルーオンプラズマ）が生成され、その性質はどのようなものか、という研究を行うことが高エネルギー原子核物理の主要なトピックスの一つになっているのはご存じの通りです。同様に中性子過剰核の実験も多く行われるようになり、中性子ハローや魔法数の消失、超変形原子核など興味深い現象が発見されました。また、宇宙初期はバリオン密度が低く、温度が非常に高い状態にあったと考えられています。そのような状態では自然界に存在する4つの力に現在のような違いは無く、例えば電磁力と弱い力、さらには強い力が等しかった時代（大統一時代）にはバリオン数の保存が成り立たないため、現在のような物質優勢の宇宙ができたと解釈されています。そしてこのような理論を検証するために陽子崩壊実験をしたり、ビッグバンの名残を探しその中に大統一力でなければ説明できない現象を求めるといったような研究がされるわけです。

一方、中性子星は天然において実現されているハドロンの低温の極限状態の一つで、表面部には飽和密度以下の核子でできた物質が広がり、中心部での密度は飽和密度の数倍程度にまでなっています。中性子星は基本的には中性子と少しの陽子、陽子と同数の電子から出来ていると考えられていますが、中心部にある高密度領域ではハイペロンや中間子が安定に現れたり、クォーク物質ができていたのではないかとされています。従って中性子星を研究することで広い密度範囲、アイソスピン領域、ストレンジネス領域におけるハドロン物質についての知識が得られ、それは核力の性質、原子核の基底状態や低励起状態、中性子過剰核の構造、巨大共鳴、低エネルギー核反応、核ジョセフソン効果、冷たいクォーク物質(ストレンジ物質)等をより良く理解することにつながります。従って多少回り道ながら、核データ分野の研究進展にもつながることを理解していただきたいと思います。

前置きが異様に長くなりましたが、標記研究会が、小生が現在所属する原研の極限ハドロン科学研究グループ主催で1月24日から26日にかけて、原研の先端基礎研究交流棟において開催されました。その目的は上に書いたような、通常の条件と異なるハドロン物質の性質を理解するために、ミクロ(原子核現象)とマクロ(宇宙、天体)な立場からの研究成果を持ち寄って議論しようというものです。今回は27件の発表がありました。セッションは核子物質、高エネルギー核反応、中性子星、量子色力学(QCD)、超新星爆発・元素合成に分かれました。詳細は刊行される予定のJAERI Confをご覧ください。

この研究会も今回で2回目を迎えました。昨年に第1回目を行った時はQCDや中性子星など、なじみのない分野で多数の発表があり、うれしいとともにとまどいを隠せませんでしたが、今回は2回目ということで、自画自賛になりますが原研におけるこのよ

うな活動も少しずつ足が地についてきているかなという感触を持ちました。原研グループの成果も少しずつ出てきました。この1年の間に Kondratyev 氏のマグネター表面における原子核の殻構造の磁場による変化についての仕事が Phys. Rev. Lett. **84**, 1086 (2000)に掲載されました。また、丸山敏毅氏と初田哲男氏のクォーク多体系の分子動力学が Phys. Rev. **C61**, 062201 (2000)、奈良寧氏(現理研/BNL センター)の高エネルギー核反応模型(JAM)についての仕事は Phys. Rev. **C61**, 024901 (2000)、丸山智幸氏(日大)と小生の共同研究の中性子星物質の状態方程式と核子光学ポテンシャルのアイソベクター部の関連についての成果が J. Phys. G. **25**, 2361 (1999)に掲載されました。この他にもありますが省略します。

今回の研究会では、東工大の大崎氏の原子力システムと天体における元素合成機構の類似性についての講演があり、このような基礎分野と原子力分野の接点が議論されることの意義も見出されました。元々天体における元素合成の重要な過程として中性子捕獲があり、核データの貢献できる分野であるわけですが、従来あまり接触がなく残念に思っていたところでした。大崎氏の講演は我々だけでなく元素合成の研究者にとっても新鮮に映ったようで、核データ分野に属する小生としては大変うれしく思いました。このような地道な活動を通し、核データの未来を託せるようなブレークスルーの一つが拓ければ、と期待しているところです。

最後に、研究会に参加して頂いた方々にお礼を申しあげるとともに、その他の方々も含め、今後も我々のグループの活動に対するご理解とご協力をお願いします。