

滞在型研究員（セミナー実施型）報告書（様式2）

（2012年9月策定）

国立天文台滞在型研究員（セミナー実施型）の代表者の方には、この事業の成果について報告をいただくことになっています。下記の全体報告について記入いただくと共に、招へいた滞在型研究員の各々から期間中の成果について報告書を徴してください。すべてをまとめた報告書を、期間終了2週間以内に国立天文台総務課研究支援係にご提出ください。なおこの報告書は研究成果の論文掲載前でも研究交流委員会のweb上に公開いたしますので、研究内容の詳細について記入していただく必要はありません。この研究の成果を学術誌等で発表するときはその旨を謝辞に記載してください。

I. 滞在型研究員（セミナー実施型）全体報告

代表者 所属 国立天文台理論研究部

氏名 梶野 敏貴

課題名 物質(元素)の起源と宇宙の進化

Element Genesis and Cosmic Chemical Evolution: From Supernovae to the Creation of Life

場所 国立天文台(三鷹)、理化学研究所

実施期間 平成24年10月 4日 ～ 29日

平成24年10月17日 ～ 19日（セミナー実施期間）

1. 課題の目的と目標

宇宙や銀河の進化の特徴の多くは、元素の起源と天体諸現象が示す元素量の時間発展を理論予測と比較することによって解明できると期待されている。宇宙での第一世代天体の形成に始まり、これに続く銀河形成と化学動力学進化、太陽系形成、さらに生命の発生に至る一貫した宇宙進化のシナリオのもとに、「物質(元素)の起源と宇宙の進化」を議論することを目的とする。

この研究テーマは、我が国唯一の天文学の一大研究拠点である国立天文台の研究者が中心となって推進している。また、宇宙科学研究所、理化学研究所、東京大学など日本を代表する天文学、宇宙科学、物理化学、地球惑星科学、素粒子・原子核物理学の研究所・大学が東京近郊に集中している。こうした国立天文台の研究の質の高さと地の利を生かして、世界の関連諸分野(天文観測、理論宇宙物理、地球惑星科学、原子核・素粒子物理学)から、観測・理論・実験を横断する広い視野を持つ第一線の研究者を招聘し、当該研究の現在の到達点を集約するとともに、今後の研究のあり方を議論することを目的とする。境界領域の研究者間の国際的な交流を図ることは、全国共同利用研究所である国立天文台の益々の発展に寄与するとともに、日本の天文・宇宙研究の国際的な発展に大きく寄与すると期待できる。

2. 実施期間中の活動

3 日間の国際ワークショップを開催し、元素組成の時間発展に見る宇宙第一世代天体の形成—銀河の化学動力学進化—太陽系形成—生命の発生に至る宇宙の進化過程を、世界第一線の研究者を招聘して議論することができた。プログラムの内容は、招待講演者によるプレナリー講演と一般講演、パネル討議である。主な討議項目と招待講演者は以下の通りである。

1. 銀河の化学進化: D. Yong (Australian National Univ.), 青木和光 (NAOJ), 藤本正行 (北大), 石丸友里 (国際基督教大)。
2. 超新星爆発と元素合成: G. J. Mathews (Univ. of Notre Dame), 和南城伸也 (NAOJ), M. A. Famiano (Western Michigan Univ./NAOJ 客員教授)
3. 元素合成と原子核反応: 西村俊二 (理研), 石山博恒 (KEK), 小沢 顕 (筑波大), 矢花一浩 (筑波大)
4. 中性子星とハドロン物理: M.-K. Cheoun (Soongsil Univ.), 鈴木俊夫 (日大)
5. ニュートリノ天文学: A. B. Balantekin (Univ. of Wisconsin), 石川健三 (北大)
6. アストロバオロジー: R. N. Boyd (Univ. of California/LLNL)

ワークショップの2日目の午後には、理化学研究所・不安定核ビームファクトリーの見学ツアーを行った。

また、ワークショップの期間を含めて、G. J. Mathews (Univ. of Notre Dame) と R. N. Boyd (Univ. of California/LLNL) 両博士は3〜4週間、D. Yong (Australian National Univ.), M.-K. Cheoun (Soongsil Univ.), A. B. Balantekin (Univ. of Wisconsin) 博士らは1〜2週間、国立天文台三鷹の理論研究部および光赤外研究部において共同研究と大学院教育に貢献した。M. A. Famiano (Western Michigan Univ.) 博士は、平成24年度外国人客員教授等として約8ヶ月間、国立天文台三鷹・理論研究部に滞在し、国立天文台だけでなく理化学研究所、東京大学、東北大学などの研究者と積極的に交流して共同研究を推進し、実績をあげた。

3. 課題の成果

宇宙・銀河の化学進化およびその関連研究の世界第一線の研究者が当国際ワークショップに集結し、招待講演者による基調講演を中心に質疑応答が行われ、宇宙開闢以来の物質の起源と宇宙・銀河進化を深く議論することができた。特に、超新星等の爆発的天体現象での元素合成における短寿命不安定核の役割に関する理論・実験的研究、および宇宙初期世代星から太陽系形成に至るまでの元素量の宇宙分布と時間発展の天文観測研究が持つ意義が、強くクローズアップされた。一般講演では、我が国の若手研究者による研究の質の高さに目を見張るものがあり、シニアレベルの研究者から評価されたことも大きな成果と言える。ワークショップでのサイエンスの議論は、境界領域の研究者間の synergy 効果を更に大きく発展させることに貢献し、また、天文学と物理学を横断

する「元素の起源と宇宙進化の研究」の今後の国際共同研究の進め方に対しても、多くの有益な議論がなされた。新たに複数の国際共同研究を始めるきっかけを作ることに貢献した。

最も大きな成果は、国立天文台研究者による当該研究領域の国際的なリーダーシップを確立することに大きく貢献したことであろう。

4. この制度についてご意見がありましたらお書きください。

国立天文台滞在型研究員（セミナー実施型）制度は今年が初めての試みであったが、単に一研究者を招聘する通常の滞在型研究員制度と異なり、ワークショップ開催を中心として、世界一線の研究者と日本全国の関連領域の研究者間で幅広い議論が行われ、前項で報告したように質・量ともに格段の大きな成果があげられたことは、特筆に値する。

研究機関あるいは研究グループ間の国際共同研究の推進と発展は、質の高い研究者どうしの個別の共同研究の積み上げが核となって成り立つものである。「元素の起源と宇宙進化の研究」に関しては、既にこれまで20年に渡って国立天文台において個別共同研究が行われてきた実績がある。これらの蓄積の上に、国立天文台滞在型研究員（セミナー実施型）制度による国際ワークショップを開催できたことは、我が国の研究者が今後もこれまで以上に強いリーダーシップを取って国際共同研究を牽引し推進する上で、極めて大きな役割を果たしたと考えられる。

従来 of 国立天文台滞在型研究員制度、およびセミナー実施型制度の更なる充実を強く望む。

II. 滞在型研究員からの報告（1名ごとに同じ様式で記述ください）

(1) 所属 University of Notre Dame (U. S. A)

氏名 Grant J. Mathews

滞在期間 2012 年 10 月 6 日～22 日

1. 滞在型研究員として国立天文台滞在中に行った活動について簡単にお書きください。(Please write your activity during this stay briefly.)

First of all, it was my great honor to be able to give a plenary talk on “New Frontiers in Supernova Physics: Collapsar MHD Jets and the r Process” at the 1st NAOJ Visiting Fellow Workshop on Element Genesis and Cosmic Chemical Evolution: From Supernovae to the Creation of Life, October 17-19, RIKEN.

We also worked on several interesting problems with Prof. Kajino and his group members together with Prof. Cheoun, Prof. Balantekin, and Prof. Famiano. The details are reported below.

2. 今回滞在型研究員として得られた成果について簡単にお書きください。(Please

write your research products from this stay briefly.)

We prepared or submitted the following papers: 1. The effects of a primordial magnetic field on large scale structure and the cosmic microwave background (together with Prof. Kajino and Dr. Yamazaki); QHD equation of state for strongly magnetized neutron stars (together with Prof. Cheoun and Prof. Maruyama); 3. Explosive nucleosynthesis of r-process elements in collapsars for long gamma-ray bursts (together with Dr. Nakamura and Prof. Kajino); 4. Neutrino interaction cross sections in the supernova nucleosynthesis (together with Prof. Famiano and Prof. Kajino).

3. この制度について御意見がありましたらお書きください。(Please write any comments on this program.)

My visit is always very productive and pleasant scientifically. This is a fruitful collaboration exchange program which has produced a large volume of research papers over the past years and should be continued.

(2) 所属 Lawrence Livermore National Laboratory,
University of California (U.S.A)

氏名 Richard N. Boyd

滞在期間 2012 年 10 月 4 日～29 日

1. 滞在型研究員として国立天文台滞在中に行った活動について簡単にお書きください。(Please write your activity during this stay briefly.)

I gave an invited talk on my favorite subject "Stardust, Neutrinos, Supernovae, and the Chirality of the Amino Acids" at the 1st NAOJ Visiting Fellow Workshop on Element Genesis and Cosmic Chemical Evolution: From Supernovae to the Creation of Life, October 17-19, RIKEN. This paper is based on my research collaboration with Prof. Toshitaka Kajino at NAOJ and Prof. Takashi Onaka at the University of Tokyo. During my extensive stay at NAOJ I worked on the following two papers: The next work on Amino Acid Chirality (with Profs. Toshitaka Kajino, Takashi Onaka and Michael Famiano). The truncated r-process in black hole forming supernovae (with Dr. Wako Aoki, Prof. Toshitaka Kajino, and Dr. Takuma Suda).

2. 今回滞在型研究員として得られた成果について簡単にお書きください。(Please write your research products from this stay briefly.)

1. We developed the next phase of the Amino Acid Chirality paper, as noted above. However, since a large dimensional calculations of molecular dynamics of the amino acids or compounds are required, we started looking for and inviting experts in chemistry or molecular biology who can manage such large dimensional numerical simulation calculations.
2. Integrating our collaborative products in the Amino Acid Chirality work, I published

a book entitled “Stardust, Supernovae and the Molecules of Life” from Springer (2012).

3. The truncated r-process paper was submitted to Astrophysical Journal. The next phase of the this work is to combine our nucleosynthesis calculation with numerical hydrodynamic simulation of the supernova ejecta. We have just started this extensive project with Prof. Toshitaka Kajino and his students.

3. この制度について御意見がありましたらお書きください。(Please write any comments on this program.)

I ever have had several pleasant and productive scientific exchange visits to NAOJ in the past, and this visit has been also very fruitful. Our Amino Acid Chirality work promises to be a new paradigm in understanding the origin of life on Earth, so this work is expected to have a huge impact on worldwide science. Our exchanges over the past years have produced a large body of published papers, and I expect this to continue from the present visit, and possible future visits.

(3) 所属 Mount Stromo Siding Spring Observatory,
Australian National University (Australia)

氏名 David Yong

滞在期間 2012 年 10 月 14 日～20 日

1. 滞在型研究員として国立天文台滞在中に行った活動について簡単にお書きください。(Please write your activity during this stay briefly.)

This was my first trip to Japan, and I was very honored to give a colloquium talk at NAOJ on “Recent progress in spectroscopic observations in metal-poor halo stars”. I also gave an invited plenary talk on “Chemical Abundances in the Most Metal-Poor Stars” at the 1st NAOJ Visiting Fellow Workshop on Element Genesis and Cosmic Chemical Evolution: From Supernovae to the Creation of Life, October 17-19, RIKEN.

2. 今回滞在型研究員として得られた成果について簡単にお書きください。(Please write your research products from this stay briefly.)

Although my stay at NAOJ Mitaka and RIKEN Wako was very short, I could find many experts on nucleosynthesis, nuclear physics and astrophysics there and I very much enjoyed our discussions on the element genesis. I was strongly impressed by the synergetic collaboration going on at NAOJ Mitaka between two groups which Dr. Aoki conducts in SUBARU-HDS group and the theoretical astrophysics group directed by Prof. Kajino. Also in the workshop at RIKEN, I was impressed by the cooperative activity of many nuclear astrophysicists in Japan. It was a precious opportunity for me to learn how to promote an interdisciplinary collaboration in joint consortium of astronomy and nuclear physics

because we are going to organize a big conference Nuclei in the Cosmos in Australia in the next summer, 2013.

3. この制度について御意見がありましたらお書きください。(Please write any comments on this program.)

The NAOJ Visiting Fellowship program is a wonderful system for foreigners to spend even in a short term. The high quality of NAOJ astronomers and astrophysicists and also the location of NAOJ in Tokyo make our visit very productive and fruitful. I could communicate and discuss with many Japanese scientists in various fields in one week. This program should be continued in the future.

(4) 所属 Department of Physics, Soongsil University (Korea)

氏名 Myung Ki Cheoun and Ki Seok Choi

滞在期間 2012 年 10 月 9 日～18 日

1. 滞在型研究員として国立天文台滞在中に行った活動について簡単にお書きください。(Please write your activity during this stay briefly.)

I, Myung Ki Cheoun, gave an invited talk on “Neutrino Reactions on Nuclei of Astrophysical Importance by QRPA and Deformed QRPA” at the 1st NAOJ Visiting Fellow Workshop on Element Genesis and Cosmic Chemical Evolution: From Supernovae to the Creation of Life, October 17–19, RIKEN. I visited Prof. Kajino and his theory group with my post doct K. Choi. Main activities which we made during our stay at NAOJ are as follows:

(1) We discussed our theoretical calculation of neutrino-nucleus response function and its application to the neutrino-process nucleosynthesis in core-collapse supernovae. Our calculation was carried out by our developed Quasi-particle Random Phase Approx. model based on relativistic mean-field theory in nuclear physics.

(2) Another subject is high density hadronic matter inside the neutron star. Strongly magnetized neutron star ejects huge flux of energetic neutrinos asymmetrically, which could trigger the pulsar kick as is observed in cold neutron stars. Combining the theoretical results above with this subject, we carried out numerical simulation of the neutrino transport inside the proto-neutron star approximately. As a result we could obtain a remarkable result of the collective velocity which is of the same order as observed.

(3) The third subject which I and Dr. Choi started with Prof. Kajino is Feddeev calculations of the triple alpha reaction rates of astrophysical interest. This process is very critical in helium burning in an evolutionary phase of giant stars. We will continue this project so that Prof. Kajino's group can apply our rate to stellar evolution using MESA code.

2. 今回滞在型研究員として得られた成果について簡単にお書きください。(Please write your research products from this stay briefly.)

We focused our discussions in this trip on neutrino astrophysics and Faddeev calculation of the triple alpha reactions. These discussions will lead to several fruitful joint papers in the near future, which include the studies of the roles of neutrino processes in supernovae, detection of neutrino signals from SN cores or magnetized proto-neutron stars, etc.

3. この制度について御意見がありましたらお書きください。(Please write any comments on this program.)

We greatly appreciate NAOJ for giving a precious opportunity to discuss with many specialists in astrophysics and astronomy. During my visit we discussed several times with Prof. Kajino, and Profs. T. Suzuki, T. Maruyama (both at Nihon University), Prof. A. B. Balantekin (University of Wisconsin), Prof. G. J. Mathews (University of Notre Dame), and Drs. K. Nakamura, J. Hidaka and many students in Prof. Kajino's group. It is a very good and important system of NAOJ to bring many visiting scholars together to discuss science in this way.