

外部評価報告書
Report of
the External Review Committee

2006 年 5 月

May 2006

東京大学大学院理学系研究科
地球惑星科学専攻

Department of Earth and Planetary Science
Graduate School of Science, The University of Tokyo

Contents

[I] Report of the External Review Committee of the Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, March 2006 (English Version)

1. Overview	1
2. Review of Each Group in the Department	2
2.1 Atmospheric and Oceanic Science Group	2
2.2 Space and Planetary Science Group	4
2.3 Earth and Planetary System Science Group	5
2.4 Solid Earth Science Group	6
2.5 Geosphere and Biosphere Science Group	6
3. Structure of the Department	8

[II] 2006年東京大学地球惑星科学専攻外部評価委員会報告書（日本語版）

1. 全般的評価	9
2. 組織	11
2.1 大気海洋科講座の成果	11
2.2 惑星科学の現状、宇宙空間研究の進展	12
2.3 地球システム科学講座の役割	13
2.4 固体地球科学講座の組織化	14
2.5 地球生命圏科学講座の課題	14
3. 組織体制について	16

[III] 付属資料

1. 外部評価委員名簿	17
2. 外部評価委員会日程	18

[I] Report of the External Review Committee of the Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, March 2006

This report summarizes the deliberations of the External Review Committee for the Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo held on 9 to 10 March, 2006. Report of the educational and research activities of the Department was produced by the Department and distributed to us prior to the meeting of the Committee. The members of another Review Committee, which was commissioned earlier in April, 1999, were also requested to submit their comments to the above Report. We used their comments for reference but drafted our recommendations entirely based on our own viewpoint. Names of the Members, Schedule of the Meeting, and comments of the earlier Committee members are attached to this report as Appendices.

1. Overview

Since the last Review was held seven years ago, Departments of Earth and Planetary Physics, Geology, Geography, and Mineralogy have merged and Department of Earth and Planetary Science has been established. Groups of scientists who specialize in various disciplines of Earth and Planetary Science have been assembled in a single group, and can now address this science multilaterally in complementary manners. Fortunately the Building #1 of the Faculty of Science was expanded in the same time period and most of the offices and laboratories of the new Department are located in the common building. We note with satisfaction that new research programs have already been initiated that are based on collaborations among various disciplines of Earth and Planetary Science, and hope that these initiatives will expand where unique research topics are explored and collaborative programs are launched.

Overall quality of research in this Department is high and above average in most disciplines. However, we believe that we could ask more to the University of Tokyo considering that it is at the helm of the Japanese academia. We would expect the Department of Earth and Planetary Science in this University to be on the forefront of research world-wide and produce young researchers who will play leading roles in the international science community. While continuation and pursuit of research in traditional areas and by traditional means are no doubt meaningful, we hope that the Department would make best efforts to identify the disciplines where critical advances are expected and encourage their development.

The Head of the Department should play a leadership role in promoting the research programs strategically in the Department. From this viewpoint, the current tenure of one year for the Department Head is untenable. The Department should give more than several years of tenure and delegate stronger functions to the Head by electing a person highly qualified in both science and management. At the same time an Executive Group should be formed by representatives of research groups to assist the Department Head and accelerate the decision making. Administrative staff of the Department should also be strengthened to reduce the burden on the Department Head.

The most important mandate of this Department is to educate creative and leading scientists and contribute to advances of Earth and Planetary Science in the international arena. We could even say that

whether or not the Earth and Planetary Science in Japan can compete with other branches of science depends on the activity of the graduates from this Department. To assist future planning of the education program we strongly recommend that the Department conduct a survey of the graduates and see how successful the Department has been in producing leading and influential scientists. We also note that the requirement for the Ph.D. degree of publishing at least one paper in refereed international journals represents a minimal condition of an independent researcher and should not be compromised. This probably implies that students should be carefully screened for admission to the Ph.D. course, and it may be worth considering reduction of the ratio of students in Doctor to Master course.

This Department is the core member of the 21th Century COE Program “Predictability of the Evolution and Variation of the Multi-Scale Earth System” and has been driving this program vigorously. In spite of the limited funding, this Program has been producing pioneering results on the subject of variations of the Earth system. It has also strengthened measures to foster younger generation of scientists by establishing a course on Predictability in Earth Science and by introducing the overseas internship program. These measures have played an important role for identifying and promoting outstanding scientists while educating a large number of students. Accomplishments of this COE Program have received high marks at the interim review held in 2005. We hope that unique findings on the Earth system variations continue to flow out from this Program and the fostering of the younger generation will be strongly promoted.

Members of this Department have played very important roles in uniting the community of Earth and planetary scientists as well as in outreach activities aimed at citizens. Specifically, we laud their resilient, unselfish efforts to hold a joint meeting of a large number of national societies on Earth and planetary science that have culminated in the establishment of Japan Geoscience Union in 2005. We believe that establishment of this Union has a great significance to future of the Earth and planetary science in Japan as it collectively represents the whole geoscience community in the Japanese academia.

2. Review of Each Group in the Department

2.1 Atmospheric and Oceanic Science Group

The Atmospheric and Oceanic Science Group consists of four subgroups, Atmospheric Physics, Physical Oceanography, Climate Dynamics, and Ocean-Atmosphere Material Circulation Physics. The group has been conducting and publishing highly original contributions. Examples include formation mechanisms of the Okhotsk High, Siberian High and storm tracks, the dynamical mechanism of super-rotation of the Venusian atmosphere, global distribution of vertical diffusion intensity in the ocean, the dynamics of El Nino and the Indian Ocean Dipole mode, and formation and transport of nitrogen oxides in the atmosphere. This group ranks internationally among the top in research activities and achievements in this field, and it has also been successful in producing a large number of brilliant students. The group is conducting research under the strong cooperation with other institutions in the University such as Center for Climate System Research (CCSR) and Ocean Research Institute and with outside institutions such as JAMSTEC. Members of this group have taken a strong leadership in these cooperative research activities.

Position of the professor for Atmospheric Physics subgroup had been vacant for a while until a new appointment was made last year. One professorial position for Ocean-Atmosphere Material Circulation Physics subgroup is still vacant. In spite of these vacancies the other faculty members have made significant achievements. Traditionally, the atmospheric science subgroup has been strong in atmospheric dynamics, but in cooperation with institutions such as CCSR, the subjects covered by the Department has been expanded to include the whole current topics of interest in atmospheric science such as modeling, meso-scale meteorology, radiation and atmospheric chemistry. This subgroup is expected to play a central role in Japanese science community in this field. Since environmental issues such as global warming, ozone depletion and large-scale atmospheric pollution are becoming important, association of atmospheric dynamics with trace material science would become more and more important. Taking this international trend into account, this subgroup is expected to produce world-level research results in the areas of its member's specialty. For Ocean-Atmosphere Material Circulation Physics subgroup, studies on density change and transformation of materials in the atmosphere and ocean due to advection and transport, as well as on the materials themselves, are expected to be developed.

The Physical Oceanography subgroup has been carrying out studies on various physical processes in the ocean, including multi-scale turbulent diffusion processes from geostrophic turbulence to small-scale turbulence, temporal and spatial variability of ocean surface mixed layer, and others. Recently, they have been focusing on the topic of global distribution of the strength of vertical turbulent diffusion which is considered to control the deep general ocean circulation, and obtaining quite interesting results. Namely, the energy provided to the ocean by atmospheric disturbances and oceanic tides seems to be cascaded down to the small-scale turbulence by way of internal wave-wave interactions which have a strong latitudinal dependency, and hence the strong vertical turbulent diffusion is limited to the low-latitude areas. They showed those features for the first time on the basis of both theory and observations. In the future, the areas of strong vertical turbulent diffusion, which are called "turbulent diffusion hot spots," are expected to be identified globally, and the new view of the deep general ocean circulation would be established.

The Climate Dynamics subgroup has been involved in topics of interannual variations like El Nino, decadal and interdecadal climate changes, and predictability of global-scale climate changes. Recently, they have been intensively carrying out studies on the large-scale interaction between the ocean and atmosphere in the equatorial region with a close cooperation with JAMSTEC. The Indian Ocean Dipole mode phenomenon, which was originally discovered by this subgroup, has been studied intensively, especially on the role of intraseasonal oscillation in its development and decline, its relationship with El Nino, its effect to the global climate, its long-term modulation, and others, on the basis of data analyses and numerical modeling. They have also provided interesting results on intraseasonal variations associated with coastal Kelvin waves and equatorial waves in the Indian and Pacific equatorial regions. They have also comprehensively revealed existence of the annual El Nino other than usual El Nino in the Pacific equatorial region. All these results are on the forefront of the physical oceanography and climate change research internationally, and their further contributions are expected in the future.

The Atmospheric and Oceanic Science Group developed an atmosphere-ocean coupled model called UTCM (University of Tokyo Community Model). Although this kind of coupled model exists in many institutions in the world, this model is unique in its educational role. Usually, the coupled models are so complex and difficult for students to understand, so that the models are treated as black-boxes. However,

the UTCM is designed to be modified and improved by students. Through the use of this model, it is expected that the cooperation between atmospheric subgroup and oceanic subgroup will be promoted, as well as between this group and other groups such as Earth and Planetary System Science Group. We highly appraise this unique approach.

An increasing cooperation within the group is desired for further developments. The seminar by all members of the group is held regularly once a month. Such a seminar is very important for cooperation among staff members and for young students to obtain wide viewpoints. We hope the cooperation will be enhanced through the seminar.

This group has been conducting world-class research, and we hope that the group keeps research activity high and produces young brilliant scientists.

2.2 Space and Planetary Science Group

The Earth used to be the only planet where such basic properties as internal dynamics and magnetic field could be known. However, since mid 20th century there has been a very substantial growth in observations on other planets, and the Earth science has evolved into the planetary science. Not only planetary science has a wealth of extremely interesting scientific problems, but comparative studies of the Earth and planets provide important clues to understanding of the Earth itself. The name of this Department can be taken to reflect the expansion of the scope of the Earth science, and is supposed to attract students wishing to learn the subject from the broadened perspective.

However, according to the materials provided to the Committee, there seems to be few faculty members in the Space and Planetary Science Group who are specialized in research in solid bodies of the planets. Only meteorites are studied. Research based on meteorites aims at clarifying the evolution of various planets out of the condensation and evaporation processes and it is tied to understanding of the formation of the Earth in the early solar system. We appraise achievements that have been made on mineral composition of meteorites, stable isotope, radio isotope, and rare earth elements/minor constituents by analysis and laboratory experiments. However, now that organic substances have been detected in space that could have important bearings on the origin of life, we recommend that the scope of the research be expanded, unlimited by the objective and methods of the foregoing activities. We also recommend that the important results be shared broadly by close coordination with Earth and Planetary System Science Group, Solid Earth Science Group, and Geosphere and Biosphere Science Group.

It has come to our attention that planetary science as well as Earth science with the planetary perspective takes rather small part of the research programs in this Department. Part of the reason could be the recent departures of several planetary scientists from the Department, but at present the name of the Department does not represent its substance. We are afraid that some students are being disappointed.

Exploration of planets and small bodies in the solar system is expected to be carried out as one of the principal targets of the space development in the 21st century, and the planetary science will be pursued actively as an international endeavor. We hope that this Department will promptly take effective measures with the aim of taking a leadership role in this fertile field of research, including employment of faculty members from overseas.

Japanese scientists have been on the forefront of research of space that extends from the Earth's exosphere/ionosphere and to the magnetosphere and heliosphere, and scientists of this Department have been recognized as leading members of the international community. They have studied such key processes as reconnection and collisionless shock, and their interest is extending from the Earth's magnetosphere and the heliosphere to ionospheres/magnetospheres of Mars, Venus and Mercury as well as space around the Moon. They also take part in the Venus mission of Japan and it can be expected that collaboration with atmospheric scientists in the Department will develop.

Processes like particle acceleration by the collisionless shock wave are universal processes that play key roles not only in the magnetosphere and heliosphere but also in astrophysical objects, so that outcome of the space research can be used in astrophysics for the clarification of the cosmic phenomena as well. In general, Earth and planetary science has close connection with other disciplines of science, and developments of interdisciplinary collaboration are to be encouraged in other areas as well so as to deepen and broaden the research conducted in this Department.

2.3 Earth and Planetary System Science Group

The uniqueness of this group is that it addresses the Earth system with special attention to the aspects related to the stability and instability of the system. Members of this group are conducting world-class research on formation, stability, and dynamics of the Earth systems as well as the ecology and relation to the human activity. They are conducting high level studies also on early environments of the solar nebula, formation and evolution of the Earth and planets, and core formation. They are also studying the formation conditions of the habitable planets, snowball Earth, interaction of the mantle and core, and mantle convection. They also conduct challenging international projects of the interdisciplinary character aimed at clarifying the early Earth system. Very interesting studies on the catastrophe of the asteroid impact at K-T boundary and on the relation of the uplift of Himalaya area to Asian monsoon, that is, a linkage between tectonics and climate, are currently in progress. The relation of Asian monsoon with the human activity and environments is also one of the important research topics conducted in this group. The presence of this group that has world class achievements is a unique feature of the Department of Earth and Planetary Science.

This group is strong also in education. It organizes several interdisciplinary seminars such as Earth and Planetary System Science Seminar, Earth and Planetary Science Colloquium, and Earth Environmental Science Colloquium. They also conduct several complementary disciplinary seminars by collaboration with the staff of the other groups. This system is working well for improving education of graduate course students.

We have high expectations of the pivotal role this group can play in this Department. Members of this group are expected to lead the effort to summarize and synthesize research activities and their achievements of the whole Department from the viewpoint of the system science. They are expected to organize the research efforts across the groups and serve as an intermediary or leader to establish unique projects that exploit the potential of the whole Department. We also note that participation of graduate students in such programs will give them precious experiences in designing their research from the

viewpoint of the synthesis.

2.4 Solid Earth Science Group

This group conducts education in three separate subgroups that cover Earth's interior, generation of earthquakes, and geomorphology. The research in this group addresses topics on processes in the Earth's deep interior and plate boundaries. Main topics on the Earth's deep interior are the structure and dynamics of the mantle and the magma processes. The surface tectonics and geography and the focal process of earthquakes are the major topics on the plate boundary processes. The staff of this group conducts high-level studies by using a variety of tools such as theory and calculation, field survey and field observation, and experimental works in the laboratory. Some of them have obtained excellent results in their respective research fields, and some have built unique programs on the above topics.

However, some of the issues pointed out at the previous Review Committee remain unsolved. Collaborations among the staff in the sub-disciplines in this group are limited and still in an early stage of development. Research being conducted in the field of the Earth material science by the staff in several diverse groups of this Department has not been well coordinated and education in this field also seems to suffer as a result. More effective cooperation with geochemists in other Departments is also needed.

We believe that members of this group have high potentials for making excellent research in geophysics, geology, and petrology. However, as it stands, they are working independently essentially without collaboration even within this group, although there are clearly several topics to which the members have a common interest. This situation is not only unsatisfactory for improving the research but also would make the group a weak contender in seeking financial support as long as the group does not have an effective system for designing comprehensive research proposals. Since the government encourages submission of strong proposals on research projects and is prepared to provide substantial funding, this group needs to build effective structures or systems to meet the challenge.

In order to improve the current situation of the research and education and to build one of the world centers of Earth and planetary science by using the capability of the members, it is important to introduce systems where the members interact strongly while maintaining independence. They need to expand their capability by forming projects by combining capabilities of individuals. We can find some seeds for such a development in the research conducted by some individuals in the group, which can be expanded to leading research projects. The performance of this group could be enhanced significantly by strengthening the interaction among the members when they form subgroups. We hope that this group will be able to educate students in such environments and produce scientists who can lead the world community.

2.5 Geosphere and Biosphere Science Group

This group has its principal aim to understand the mechanisms behind the coevolution of the Earth and life and to find the correlations between organic and inorganic matters in Earth history. The group conducts researches in material science, sedimentology, mineral deposits, and evolutionary paleobiology and has

made significant contributions at the international level. The group has made additional efforts to relate diverse subjects and research methods by having a departmental seminar. This has resulted in a diversity of courses and other learning opportunities for students. In the last external evaluation the Review Committee suggested that the research group should explore a new field, Earth microbiology. The research group has studied the microorganismal community in deep sea vents and methane-hydrate as a result of microorganismal activities. These have been highly evaluated as a marriage of new approaches both from geology and from paleobiology. The current Review Committee would like to see further development of this field of research. There is a need for more close and active collaboration between scientists in geophysics, environmental studies and paleobiology.

The origin of life and its early evolution are one of the most important issues for mankind. We would like to see this group start exploring this field and eventually becomes one of the world leaders in this field. In trying to understand the surface environment of the early Earth and early life on it, we have become aware of the importance of anaerobic and thermophile archaeobacteria and of considering the system of circulation of chemical elements. This group took part in an international joint project called "Archean Park", which studied the physical, chemical and biological conditions of underground microbes in hot-water seabed activity, but participation from this group was limited to a few researchers. In order to make more significant contributions, the group should further the study of biology of extreme conditions and strengthen paleobiological studies while maintaining fieldwork-based geological studies. These changes would help the research group to define its research and educational goals. One option to consider is to transfer geo-material research to the Solid Earth Science Group.

In most part of the over-four-billion-year history of life, life meant microbial life. It is, however, essential to look at the evolution of higher organisms in the last 600 million years since the Cambrian explosion in order to discuss the future of the planet. The University of Tokyo has been one of the world's leading institutions in paleobiology with a strong background in comparative biology of extant species. This group has made important contributions in studies of predator-prey interactions as a crucial component of evolution. We encourage the group to develop collaborations between paleobiology and other field of studies. Needless to say, the history of life from its origin to modern times has been influenced by environmental changes on the surface of the planet. These changes are the result of a complex system which involves the mantle and core of Earth as well as its crust, water and atmosphere. With the increase in our knowledge of meteorites and other planets, the possibility is emerging that the existence of life may not be unique to our planet. The study of the origin of life has significance beyond the Earth.

This research group is expected to act as one of the world leaders in the studies of the origin and evolution of life. This goal can be achieved by redefining the research activities and placement of competitive scientists. We encourage the group to train graduate students to be leading scientists in this cutting-edge field.

3. Structure of the Department

It seemed to the Committee that most of the researchers in this Department are granted a broad range of autonomy, regardless of the official hierarchy. In a sense this is welcome, since independence of mind is the very basis of original research. However, in case the autonomy should develop so far that interaction among the researchers is weakened, it could adversely affect improvement of the research quality through mutual interaction and build-up of large-scale programs. The optimal situation should be that independent minded researchers share the common objectives, actively interact, and join their forces to build an ambitious program.

This Department has a number of adjunct faculty members from the Research Institutes and Centers in and outside the University of Tokyo. Their presence has been instrumental in expanding the area of research and diversifying the methods of research, but we would like to make sure that the same criteria are used for their appointments as for the faculties of the Department.

The previous Review Committee recommended strengthening of the geochemistry group. The situation now is that there is a geochemist in the Earth and Planetary System Science Group, and two geochemists from the Laboratory for Earthquake Chemistry and several of them from the Research Institutes in the University have joint appointment with this Department. Thus, although geochemists do not form a single unified body, there are a reasonable number of geochemists in this Department.

The previous Committee also pointed out the weakness in the structure of the Department, namely, the number of positions of the Jokyō (Assistant Professor or Research Associate on the university payroll) had declined, there was shortage in the administrative and technical staff members, and the faculty members were overburdened by administrative tasks. These have had serious negative effects on the improvements of education and research. Unfortunately, the situation has not changed very much since then, and the times the faculty has to spend for management appear to have increased due to shortage of the supporting staff. In fact the same situation is commonly seen nowadays in Japanese national universities everywhere, and becoming an increasingly serious obstacle to scientific research in Japan. The issue is obviously larger than this Department is to deal with, but we hope that it will make best efforts to remedy the situation through strategic planning.

We believe that several of the items noted in this Report require prompt attention, and hope that action will be started soon.

〔Ⅱ〕 2006年東京大学地球惑星科学専攻外部評価委員会報告書

本報告書は、平成18年3月9日から10日に開催された東京大学地球惑星科学専攻外部評価委員会の結論をとりまとめたものである。開催に先立って外部評価資料が和文と英文で用意された。前回の外部評価は平成11年3月に行われており、その委員からは彼等の勧告の実施状況について上記資料に基づいてコメントが寄せられた。本委員会は、これら前回委員コメントを参照したものの、独自の観点から評価を行った。委員名簿、委員会日程、前回委員コメントは付属資料として本報告書に添付する。

1. 全般的評価

前回の外部評価以降、地球惑星物理学、地質学、地理学、鉱物学の4専攻が統合され、新たに地球惑星科学専攻が誕生したことは、画期的な出来事であった。これによって地球惑星科学の様々な要素を研究対象とする研究者が一つの集団を形成し、より広く、また相補的な観点から地球と惑星の科学を多角的に探求する仕組みが整った。理学部1号館の増築によって大部分の研究室が集中的に配置されたことにも助けられ、地球惑星科学の諸分科間の協力を基盤とする新しい研究計画が発足しつつあることは喜ばしい。この動きが拡大され、ユニークな研究テーマの開拓や共同研究プロジェクトの企画・遂行が加速されるものと期待する。

地球惑星科学専攻の研究成果はおおむね質が高く、殆どの分野において標準以上の評価を得ている。しかし、東京大学が我が国の学術研究を代表する立場にあることを考えるとき、現状には更に改善の余地があると思われる。東京大学地球惑星科学専攻には、最先端の分野を切り開く研究を行い、国際的に影響力を発揮する研究者を輩出することが期待される。専攻の中に既に存在する指導的な研究の発展を図ると共に、より広範な国際的地位の向上に向けて戦略的に取り組むことが望まれる。従来からのテーマや手法による研究を継続発展させることは有意義であるが、国際的な潮流の中でリーダーシップを発揮することこそ東大における研究に期待されるであろう。専攻は戦略を持ってリーダーシップのとれる分野を判断し、選択的に推進すべきである。

戦略的な研究の展開を図るためには、専攻長の指導性が重要である。この観点から見て、1年任期の輪番制という現状は不適切である。業績と見識に優れた人物を選んで決済権限を増し、少なくとも数年の任期を与えるべきである。同時に講座に代表教授を置き、専攻長の下で執行部を構成して敏速な意思決定を可能にすることが望ましい。事務処理の面でも専攻として支援体制を整え専攻長の負担を軽減すべきである。

教育においては、創造的に世界をリードする研究者を養成し今後の地球惑星科学の発展に貢献することが、本専攻の最も重要な任務である。わが国の地球惑星科学が他分野と伍してさらに発展するか否かは、この専攻から輩出される研究者の活躍にかかっている。本専攻における大学院教育の将来を考える上の基本的な資料として、修了者の追跡調査を行い、指導性と影響力のある研究者がどれほど生み出されているかを把握することが必要である。また、レフェリーのある国際誌に1編以上の論文が受理されるという博士号取得条件は、自立した研究者として学界に送り出される者が持つべき必要最小限の資格であると思われる。博士課程進学時に資質を十分見極め

て選考を行うことが必要であり、修士課程に対する博士課程の定員比率を抑えることも検討の価値があろう。

本専攻は平成 15 年度採択の 21 世紀 COE 拠点形成プログラム「多圏地球システムの進化と変動の予測可能性」の中核組織として、このプログラムを強力に推進している。このプログラムは研究面において、予算的な制約にもかかわらず、地球システム変動の研究において、先端的な成果を発信している。また、教育面においては、予測地球科学コースを設けて、海外インターンシップ制度を導入するなど、次世代の若手育成のための施策を行い、成果をあげている。この取組みは、多くの大学院生を教育しつつ、その中から特に優秀な研究者を選抜し支援する制度の一つとして重要な役割を担っている。この 21 世紀 COE プログラムの成果は平成 17 年度の間評価において高い評価を得ており、この取り組みを継続し、地球システム変動のユニークな研究を発信するとともに、若手育成のための施策を強力に推進することが望まれる。

本専攻のメンバーは学界の組織化および市民に対するアウトリーチ等に重要な役割を果たしてきた。特に、細分化されていた地球惑星科学の諸学会を融合させ、地球惑星科学は一つという本専攻の理念にもとづいて、本専攻の複数のメンバーが合同大会の継続的開催と日本地球惑星科学連合の設立に献身的に努力して来た点は、わが国の地球惑星科学が、他分野に伍して世界に学術の成果を発信するための基盤を整えたという点で、大きな意義をもっており非常に高く評価される。

2. 各講座の現状と課題

2.1 大気海洋科講座の成果

大気海洋科学講座には、大気物理学、海洋力学、気候力学、大気海洋物質科学の4つのグループが設置されている。現在「オホーツク海高気圧・シベリア高気圧・ストームトラックの形成」、「金星のスーパーローテーション」、「海洋の鉛直拡散強度の全球分布」、「エルニーニョの力学」、「インド洋ダイポール」、「大気中の窒素酸化物の生成・輸送」などの研究が精力的に進められている。これらの研究は世界のトップレベルにあって、教育においても若くて優秀な研究者を輩出しており、研究教育において極めて高い成果を挙げている。また、気候システム研究センターや海洋研究所などの学内他部局との連携や、海洋研究開発機構など学外機関との連携も強く、当講座教員の強いリーダーシップのもとで大きな成果を挙げている。

大気物理学の教授職はしばらく空席であったが、昨年、新任の教授が着任した。大気海洋物質科学の教授職は現在空席である。しかし、空席の間、大気分野の研究活動が低下したわけではなく、他のスタッフが十分な研究成果を挙げてきた。当講座は伝統的に気象力学が強かったが、世界的趨勢として、モデル、メソ気象学、放射、大気化学など学問領域が拡大しており、それに対応して、気候システム研究センターなどからの併任を含めた専攻全体は総合デパートのようになっている。しかし、当講座は基幹講座として、日本の中心的役割を果たすことが求められている。大気分野では、大気の流れの力学のみならず、「地球温暖化・オゾン層破壊・広域大気汚染」などの環境問題で明らかのように、流れと物質との関わりがますます重要な分野となってくると思われる。大気物理学グループにおいては、これらの動向を見据えて教員が得意とする分野で世界をリードする研究成果を挙げるのが期待される。また、大気海洋物質科学グループでは、いわゆる物質に関する研究と同時に、大気海洋中での移動・輸送による物質の濃度変化や変質に関する研究も期待されている。

海洋力学グループでは、地衡流乱流から小規模乱流までの様々なスケールの乱流拡散過程や、海洋表層混合層の時空間変動など、海洋における物理素過程の解明を目指している。最近は特に、深層大循環を規定している鉛直乱流拡散の強さが、全球的にどのように分布しているかを明らかにする研究に精力的に取り組んでおり、極めて興味深い成果を得ている。すなわち、大気擾乱や潮汐によって海洋に与えられたエネルギーが、強い緯度依存性をもつ内部波の共鳴機構によって乱流スケールまでカスケードしていて、鉛直乱流拡散の大きいところは、低緯度海域に限られるということ、理論と観測の両面から世界に先駆けて示した。今後、乱流ホットスポットと呼ばれる鉛直乱流拡散の大きいところがどのように分布しているか、また、それらによって深層大循環の描像がどのように変わるのかなどが示されるものと期待される。

気候力学グループでは、エルニーニョに代表される経年変動や、十年から数十年スケールの気候変動の解明、および地球規模の気候変動現象の予測可能性の研究を進めてきた。最近は特に、海洋研究開発機構との緊密な連携の下で、熱帯域の大規模な大気海洋相互作用に関する研究を精力的に進めている。インド洋のダイポールモード現象はこのグループによって発見されたものであるが、最近の研究は、発生や消滅に及ぼす季節内変動の役割、エルニーニョ現象との関係、世界気候への影響、現象自身の長期変調などを、データ解析や数値モデルによって明らかにしている。また、インド洋や太平洋の赤道域における、沿岸ケルビン波や赤道波などを伴う季節内変動に関する研究でも興味深い結果を得ている。さらに、太平洋熱帯域には、通常のエルニーニョの

他に、年周期のエルニーニョが存在することを初めて総合的に明らかにした。これらの研究成果は、いずれも世界をリードするものであり、今後のさらなる展開が期待される。

また、当講座は大気海洋結合大循環モデル (UTCM) を開発している。この種のモデルはすでにいくつかあるが、通常の大規模なモデルはブラックボックス化していて、中身を知らずに使う傾向にある。しかし、当モデルは学生がコードを理解し改良・変更ができるような教育的なモデルである。このモデルを通じて、大気グループと海洋グループの連携、および関係する他講座 (例えば、地球惑星システム科学講座) との連携を深めることが期待される。このユニークな試みを高く評価する。

さらなる発展のために、講座内の連携を一層強めていくことが望まれる。講座全体のセミナーを月 1 回定期的に開催しているが、このようなことは若い学生が広い視野を持つためにも、また教員間の連携を保つためにも重要であり、今後もさらに充実したものになることが望まれる。

今後とも世界水準の研究を続け、若くて優秀な研究者を育てることを期待する。

2.2 惑星科学の現状、宇宙空間研究の進展

かつて地球は磁場やダイナミクスに関する情報の得られる唯一の惑星であった。しかし 20 世紀半ばから他の惑星に関する観測情報が飛躍的に増大し、それにもなつて国際的な地球科学研究は惑星科学研究に拡大発展してきた。惑星科学はそれ自体として興味深い課題の宝庫であるだけでなく、地球と異なる条件のもとにある惑星と地球の比較研究は地球に関する科学的理解に資するところが大きい。本専攻の名称はそのことを表現したものととらえられ、惑星科学研究を志向する学生の目標となっているものと思われる。

しかし、外部評価資料によれば、宇宙惑星講座科学講座中に惑星固体部分を研究対象とする教員は皆無であり、隕石研究のみが行われている。隕石を素材とする研究は、初期太陽系の凝縮・蒸発過程から、どのような進化過程をへて多様な惑星系が成立したかを解明しようとしており、それは初期地球の形成過程の理解につながっている。各種隕石の鉱物組成、安定同位体、放射性同位体、希土類元素・微量元素の分析や室内実験にもとづいて、多くの成果を挙げてきたことを評価したい。しかし、宇宙空間に生命の起源に関連する有機物質が認められることもあり、研究対象や研究手法を限定することなく、さらに幅広い研究に発展させることが望まれる。また、地球惑星システム科学講座、固体地球科学講座、地球生命圏科学講座との連携を図ることで、重要な成果を効果的に波及していくことが必要である。

この講座だけでなく本専攻の全体を見渡しても、惑星科学研究および惑星科学的視野からの地球科学研究は極めて小部分を占めるにすぎない。理由の一つは、数名の惑星科学研究者が最近専攻を離れたことによるものと思われるが、現状は地球「惑星」科学を掲げる本専攻の名称とかけ離れており、学生に失望を与えているのではないだろうか。

探査機による惑星や小天体の直接探査は 21 世紀の宇宙開発の主要なターゲットとしてさらに活発に展開される趨勢にあり、惑星科学研究は国際的に大きく発展するものと思われる。我が国の地球惑星科学研究を牽引することが期待される本専攻は、内外の惑星探査計画の発展と相俟って、惑星科学という豊穡な分野においてリーダーシップをとるべく、外国人雇用の可能性も視野にいれて、より本格的な取り組みを早急に検討すべきである。

一方、地球大気の外圏から太陽系空間に広がる電離圏・磁気圏・太陽圏を対象とする宇宙空間

科学の研究は我が国が最先端を走る分野の一つであり、本専攻に所属する研究者は指導的な研究者として国際的に活躍している。研究対象は地球磁気圏から始まって火星・金星・水星などの諸惑星の電磁圏と月の周辺空間におよび、プラズマ物理学を基盤として磁力線リコネクションや無衝突衝撃波など重要な現象や機構の解明を進めている。また我が国の金星大気探査ミッションにも参加しており、今後大気海洋科学講座との共同研究が展開されることが期待される。

衝撃波による粒子加速など磁気圏・宇宙空間で生起するプラズマ過程は天体においても発生するため、その研究成果は地球惑星科学にとどまらず広く天体现象の解明にも寄与するものであり、地球科学と宇宙物理学・天体物理学の接点における学際的研究としても意義が高い。一般的にみて地球惑星科学は理学研究科の他専攻の科学と密接な関連を持っている場合が多く、学際的協力によって研究をより深化・発展させる努力が一層拡大されることが望ましい。

2.3 地球システム科学講座の役割

地球システム科学講座は、地球のシステムを安定性と不安定性の観点から捉えるユニークな講座である。この講座は、地球惑星システムの形成・安定性・不安定性・変動、そして生態系と人間活動に関して国際水準の研究を活発に行っている。地球システムの形成に関しては、太陽系星雲の形成と初期環境の解明、地球の形成過程と地球核の進化の研究など注目すべき研究が行われている。地球システムの安定性・不安定性の研究では、生存可能な地球の形成条件の研究、スノーボールアース、核・マントル相互作用とマントル対流の研究などの特徴的な研究が行われるとともに、初期地球システム解明のための discipline を超えた国際共同プロジェクトを開始している。地球惑星システム変動に関する研究においては、白亜紀末の隕石衝突のカタストロフィーの研究、ヒマラヤの隆起とアジアモンスーンの関係などテクトニクスと気候のリンクなど興味深い研究を推進している。さらに地球システムと生態系の研究では、アジアモンスーンと人間活動・生態系の係わりなどの研究が進んでいる。以上のような、国際水準のユニークな研究教育を進めているこの講座の存在は、東京大学地球惑星科学専攻の特徴となり得る重要なものであり、その活動に大きな期待が寄せられている。

教育指導では、地球惑星システム科学セミナー、地球惑星科学コロキウム、地球環境コロキウムなど interdisciplinary な研究教育とともに、それを補完するための数々の disciplinary なセミナーも他講座や他専攻の教員を含めて活発に行われている。

地球システム科学講座の構成員は、この講座内に閉じた研究教育を推進するのみならず、関連する他講座の研究者や研究成果をシステム科学の観点から取りまとめ、統合化する努力を進めることが求められている。さらに、他講座の研究を積極的に組織化し、独自のプロジェクトを立てるための仲介役または統括者としての役割を果たすこともこの講座の構成員の役割であろう。このような努力を通して、引き続き地球システムのダイナミクス研究を推進することを期待したい。また、このような研究に大学院生を参加させることにより、従来わが国の研究者が不得意であったシンセシス（総合化）のできる若手研究者を輩出することが求められている。

2.4 固体地球科学講座の組織化

固体地球科学分野では、地球内部構造論、地震発生論、地球形成論という地球内部3つの枠組みのもとに、セミナーが行われており、それぞれ旧4専攻のスタッフが融合した教育が行われている。また、それぞれの構成員が高い水準の研究を行い十分な成果を挙げており、構成員の何人かは、個人研究の水準において世界をリードしている。また、非常にユニークな研究プログラムを展開している構成員も認められる。

しかしながら、前回の外部評価指摘内容については、対応が必ずしも十分ではない事項も存在する。固体地球科学の分野間の連結の強化に関しては、院生教育に関してセミナー等で分野間の交流が図られてはいるが、研究上の共同までにはいたっていない。また、物質科学の研究者との連携に関しては、複数の講座に分散する物質科学の研究者を連携させ組織化し物質科学に関するdisciplinaryの教育を十分に行えているとは言いがたい。また、地球化学との連携に関しては、特に行われておらず、今後の対応に待たれる。

この講座のメンバーは、地球内部のダイナミクスと物質科学、震源過程と断層過程、テクトニクスなどに関連する地球物理学、地質学、物質科学にわたり高いポテンシャルを有している。これらの広い分野の研究者が適切に組織されれば、グループとしてユニークな成果を世界に発信できる可能性が高い。しかしながら、現状では成果は個人研究に限られ、研究グループは有効に機能しておらず、大型研究費の申請等に対応するための組織が存在しない。大型の競争的資金を獲得することが必要になっている現状において、このような組織体制は、大きな問題を抱えている。

東京大学の地球惑星科学専攻に期待されているのは、高い水準の個々の研究を発表するのみならず、この専攻の特徴を強く打ち出した一連のプロジェクト的な研究を世界に発信し、世界をリードする研究拠点となることであろう。そして、その中で大学院生を教育し世界をリードする優秀な研究者を輩出することである。この講座の構成員人材の高い能力を組織化することによって、研究成果をさらに格段にインパクトのあるものにできる可能性がある。

海外にユニークな研究成果を発信し、世界をリードする研究体制を構築するためには、例えば、大型研究費を獲得ことができる研究グループが形成されるような緩い分野制をこの講座に導入するような制度的工夫をすべきである。

2.5 地球生命圏科学講座の課題

本講座の研究教育の目的は、地圏環境と生命の共進化のメカニズムの探求にあり、素過程としての無機物質と有機物質の相互作用を解明することにある。地球生命圏の物質科学、地圏環境における堆積学・鉱床学、進化古生物学といった立場から高水準の研究が展開されており、それぞれの分野において国際的な貢献がなされている。また、研究対象や研究手法が異なる分野が連携協力を図りながらセミナーを行っており、講座全体としての教育指導体制が試みられている。前回の外部評価で、生命圏と地圏の研究を結びつけ、地球微生物学という新しい領域を開拓することが要請されたが、深海底熱水活動域の微生物群集や微生物活動の場としてのメタンハイドレートの解析など、地質学と古生物学からの新しい取り組みは今後の研究の発展を期待させるものとして評価される。しかし、地圏物質研究と地圏環境・古生物研究との間で緊密な連携協力が行われているようにはみえない。

本講座に強く期待されるのは、人類の究極の課題の一つである生命の起源と進化の解明であり、そして地圏と生命圏の相互作用でつくられてきた地圏環境の変動について、世界に先駆けてオリジナルな成果を発信することであろう。初期地球の表層環境と生命活動の解析が進展するなかで、生命の共通祖先として極限環境における嫌気性や好熱性微生物が注目され、それに伴う元素循環系も議論されつつある。このテーマに関連して、本講座による国際共同研究“アーキアン・パーク計画”では、海底熱水活動域の地下生物圏の物理化学環境と生態系の解析が試みられたが、組織的な取り組みへと発展しなかったように見える。刺激的な成果が期待できるプロジェクトとして、さらなる計画の発展を図る必要がある。そのためには、フィールドサイエンスとしての地質学研究とあわせて、極限環境の生命科学研究を推進し、生命の起源と進化に挑戦する先端的な古生物学分野を構築すべきである。このことは、本講座の研究教育を明確化して発展させるうえで重要であり、たとえば、物質科学系分野を固体地球科学講座へ移動させることも、一案として検討課題となる。

また、およそ 40 億年にわたる地球生命史は、本質的には微生物の歴史であるが、カンブリア紀の生物の爆発的多様化にはじまり、適応進化と大量絶滅の繰返しを通しての生命進化の研究は、われわれ人類圏の未来を理解するために欠くことができない。本講座の進化古生物学分野の研究は、現世生物との比較研究のパイオニアであり、進化の原動力である捕食-被食関係などについての実績はよく知られている。これからの課題として、地球惑星システム科学講座との結びつきを探ることが急務と考えられる。初期地球における表層環境の変動や古生代から現在にいたる顕生代の気候変動が、気圏・水圏と地殻の相互作用だけでなく、地球深部のマントルとコアの動態まで関連した地球サブシステムの複雑な作用として把握されるからである。さらに、生命の起源についてみると、隕石や地球外惑星の情報が増えるにつれ、生命存在の可能性は太陽系全体に広がってきており、地球生命の探求はいまや地球惑星生命の探求となっている。

本講座は、地球生命の起源と進化を中心課題におき、世界に伍する研究拠点として活躍することが期待されており、高いポテンシャルを有する研究者がこの目標に向かって組織的に取り組むことが望まれる。そして地球惑星システム科学講座との連携によって、地球惑星生命の探求を目指すとともに、学術研究の大きな流れを院生に対して伝えることによって、将来の先端的研究をリードする研究者の育成を図っていただきたい。

3. 組織体制について

本専攻においては、講座内の研究者が教授、助教授、助手の地位に関わらずそれぞれが個別に研究を推進していることが多いように見受けられる。研究者の自主性の尊重はもとより極めて重要である。しかし、もしも研究者間の相互作用があまりに弱まると、切磋琢磨による研究の質の向上や、協力による研究スケールの拡大にとって好ましくない状況が生まれる恐れがある。講座の構成員が主体性を持ちながらも、問題意識を共有し、グループを作ってスケールの大きな研究を指向することを望みたい。

本専攻に多数の研究所等の研究者が併任教員として参加していることは研究対象の拡大や手法の多様化に大いに役立っている。いうまでもなく併任教員もこの専攻を担う立場にあり、その人事は専任教員と同等の基準で行われるべきものである。

前回の評価において指摘された地球化学分野を専門とする研究者を専攻に加えることに関しては、地球化学をバックグラウンドにする講師を地球惑星システム科学講座に採用し、地殻化学研究施設の2名の教員がこの専攻の兼務教員となっており、海洋研究所や地震研究所に所属する地球化学を専門にする教員の何人かを兼務教員として受け入れていることなど対応が行われている。このような地球化学分野との連携を研究教育面において一層すすめることが望まれる。

また、前回の評価委員会報告書では本専攻の組織体制上の問題が指摘されている。すなわち、助手ポストが減少し、事務および技術職員が不足し、教官の管理的業務が過大であることが、高度な研究・教育実現を妨げていることが指摘された。残念ながら、状況は今回の外部評価開催時においても変わっておらず、支援教職員の不足のために教授が管理運営のために費やす時間は一層増しているようである。これは本専攻のみならず全ての国立大学に共通しており、我が国の科学研究にとって深刻な問題である。本専攻単独での対応能力を越える規模を持つものであるが、戦略的な人事と予算配分によって本専攻として出来る限りの対策を講ずることが望まれる。

当報告書に記したいくつかの課題は、早急に対処を要するものとする。改革への取り組みが速やかに開始されることを期待する。

[III] 付属資料

1. 外部評価委員名簿

	氏名	所属	職名
委員長	西田 篤弘	総合研究大学大学院大学	理事
委員	今脇 資郎	九州大学応用力学研究所	所長
	大谷 栄治	東北大学大学院理学研究科	教授
	金森 博雄	California Institute of Technology	名誉教授
	斉藤 靖二	国立科学博物館地学研究部	前部長
	福田 正己	北海道大学低温研究所	教授
	山崎 孝治	北海道大学大学院地球環境研究院	教授
	書面委員	久城 育夫	東京大学
	Bruce Fegley	Washington University in St. Louis	教授
	Roger Lukas	University of Hawaii	教授
	Brian Kennett	Australian National University	教授
	Judith McKenzie	ETH Zentrum	教授
	J. Casey Moore	Univ. California, Santa Cruz	教授
	岡田 博有	静岡大学	名誉教授

2. 外部評価委員会日程

月日	時間	項目	内容	説明者
3月9日	10:00 - 10:45	専攻の組織と教育	説明と質疑応答	永原
	10:45 - 11:10	COE	説明と質疑応答	山形
	11:10 - 12:00	大気海洋科学講座	説明と質疑応答	日比谷
	12:00 - 13:20	昼食		
	13:20 - 14:10	宇宙惑星科学講座	説明と質疑応答	星野
	14:10 - 15:00	固体地球科学講座	説明と質疑応答	木村
	15:00 - 15:20	休憩		
	15:20 - 16:10	地球生命圏科学講座	説明と質疑応答	松本
	16:10 - 17:00	地球惑星システム科学講座	説明と質疑応答	多田
18:00 - 19:30	懇親会			
3月10日	10:00 - 11:50	評価委員会	委員会	評価委員
	11:50 - 13:20	昼食		
	13:20 - 15:00	質疑応答	追加質問と応答	
	15:00 - 16:00	評価委員会	とりまとめ	評価委員
	16:00 - 17:00	報告会	結果の講評	