

2 2 . 核物理研究センター

I	核物理研究センターの研究目的と特徴	2 2 - 2
II	分析項目ごとの水準の判断	2 2 - 3
	分析項目 I 研究活動の状況	2 2 - 3
	分析項目 II 研究成果の状況	2 2 - 9
III	質の向上度の判断	2 2 - 1 1

I 核物理研究センターの研究目的と特徴

1. 研究目的

核物理研究センター（RCNP）は原子核物理学の全国共同利用研究センターとして、1971年に設立された。日本で最初にサイクロトロンを建設した伝統をもつ大阪大学が、原子核物理学の最先端研究を推進するための施設を実現する形でスタートした。共同利用を中心に研究成果を生み出し、大阪大学に留まらず多くの人材を輩出してきた。半数以上が RCNP 外のコミュニティを代表する有識者で構成される運営委員会が運営する開かれた組織である。

2. 特徴

2.1 サイクロトロン施設

1973年に陽子エネルギー80MeVのAVFサイクロトロン（AVF）を完成させ、原子核物理学の最先端加速器として、原子核の構造や反応について詳細な研究を進めてきた。1991年にリングサイクロトロン（リング）を完成させ、AVFからのビームを陽子エネルギー400MeVまで加速し、共同利用に供し分野の活発な研究活動に資した。大学附置の加速器としては最大の規模で、世界最高性能の解像力をもつ分析器系に特徴がある。原子核構造や反応の研究を推進し、それらから星の進化や超新星爆発を解明する知見が得られる等、分野に留まらない発展を遂げている。加速器や測定装置は常に最先端の研究が可能な様に維持更新に努めている。最近5年ほどでイオン源の増強を中心とした高輝度化を行い、ビーム強度の増強と広範な重イオンビームの加速を可能にした。

2.2 LEPS 施設

2000年にはSPring8で8GeVの高エネルギー電子にレーザー光を当て、逆コンプトン散乱で得られる高エネルギー光ビームで核・素粒子物理学の研究を進めるLEPS施設を建設した。標識付き偏極光では世界最高エネルギーを達成した。国内ではKEKに次いでストレンジクォークを含む系の研究を可能にした。ペンタクォークを始めとして、世界中で話題になるデータを生み出している。特にハドロン物理学の研究で世界をリードしている。

2.3 大塔コスモ観測所

1997年には奈良県大塔村（現五條市）の旧国鉄清算事業団のトンネル内に低バックグラウンド観測所を設置し、新しい研究分野である非加速器物理学の研究を開始した。二重ベータ崩壊の研究は宇宙誕生の謎に迫る研究として注目されている。

2.4 理論研究

実験結果は理論的理解とセットで重要性を持つと考え、実験研究と深く関連する形で理論研究も推進している。スーパーコンピュータの共同利用もおこなっている。

3. 想定する関係者とその期待

RCNPは国内のみならず、施設を利用する全世界の原子核物理及び関連する分野の研究者に開かれている。共同利用研究の中心は施設であるが、有効にする最大の要素はRCNPに所属する研究者である。リングとAVFで原子核物理学分野の基礎研究を支えた上で、LEPSでハドロン、大塔村で素粒子等々の研究に発展させている。次にレプトンやフォトンを探るプローブとして宇宙の物質や質量生成の機構を解明するための研究拠点形成を目指している。

II 分析項目ごとの水準の判断

分析項目 I 研究活動の状況

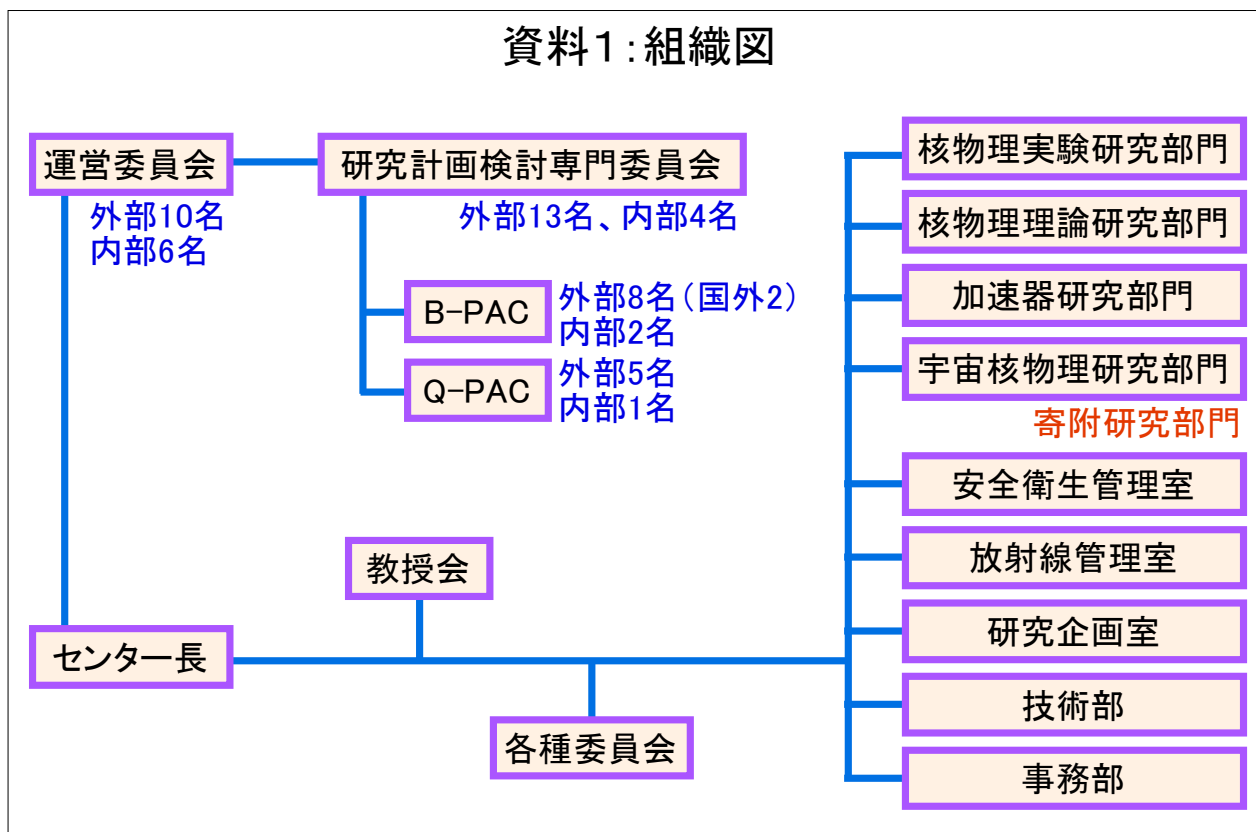
(1) 観点ごとの分析

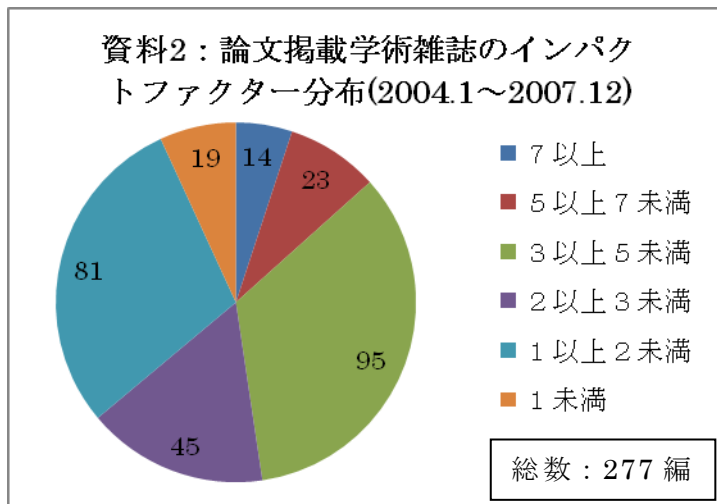
観点 研究活動の実施状況

(観点に係る状況)

共同利用研究を推進するための施設の最先端性の維持と、研究の推進を並行して進めている。RCNPは教員が17名(19年度末に寄附講座2名が加わり19名)の部局である。これに特任研究員、PD、兼任教員、国内の共同研究者、海外からのビジター、大学院学生等を加えて約100名が常駐し、活発な研究を進めている。運営は運営委員会、研究計画は研究計画検討専門委員会(P-PAC)で議論され、その他に各施設に応じたPACがある。組織図に示すように委員会は多数の外部委員で構成される(資料1)。以下に共同利用の状況を示す。これらの研究活動を基礎に、RCNPの教員が著者になっている査読付き学術雑誌に掲載された論文は、2004年度からの4年間に277編(国際会議報告等は除く)で、一人当たり年平均4.1編の論文を生産している。約半数がインパクトファクター(IF)3以上の雑誌に掲載されている(資料2)。共同利用研究の特質から、共著論文がほとんどで、1本の論文にはRCNP内の教員が複数名含まれているので、実際の一人当たりの論文数はその数倍である。また本評価期間外ではあるが、2002年、2003年と連続で仁科記念賞の受賞者を輩出した。

資料1:組織図





共同利用実験

サイクロトロン共同利用実験

海外を含む多くの研究機関から年間約 300 人のユーザー（資料 3）が RCNP の施設を利用している。ほぼ全ての共同利用研究に RCNP の教員が協力する形で参加している。加速器は 24 時間体制で、年のほぼ 2/3 の時間を運転している（資料 4）。評価期間内に 68 の共同利用実験を実施した（資料 A）。

●加速器とビームライン：可変周波数では世界で初めて高周波電場のフラットトップを達成し、冷却水温度を世界最高の 0.1℃で制御する等、安定で高品質なビームを供給している。ビームラインは磁気分析器と分散整合され、世界最高のエネルギー分解能 ($\Delta E/E \leq 5 \cdot 10^{-5}$) を達成した。平成 16 年度には特別教育研究経費で入射器更新とビームライン増設を行い、ビームの高分解能化と高輝度化、重イオンビームの多様化、利用可能なエネルギー範囲の拡大を達成し、寄附研究部門〔宇宙核物理学研究部門〕新設の契機となった。

●応用研究：①半導体の放射線損傷試験と白色中性子源開発（企業との共同研究）。②放射性同位体の生成・自動搬送系開発（核化学・生物学）。③小型粒子線ガン治療装置用磁石開発、硼素中性子捕捉療法用中性子場開発（核医学）。

レーザー電子光（LEPS）

LEPS 施設では、RCNP が中核となり、6 カ国、25 の研究機関から約 70 人（約 3 割が海外）の研究者が参加し、共同利用研究を推進している。この共同利用研究体制が、年間約 4000 時間の実験の遂行とデータ解析、LEPS 施設の改善等を支えている。2002 年にペンタクォーク状態 (Θ^+) を発見した。その論文は引用数 500 を超え、分野に大きな影響を与えた。

●ビームの向上：2006 年に 2 連レーザー同時入射システムを開発し、ビーム強度を 2 倍に増強した。遠紫外レーザー（257nm）の導入で、最高エネルギーを 3 GeV に引き上げ、自身の世界最高エネルギーを更新した。主検出器（クォーク核分光装置）の検出効率をほぼ最大まで向上させた。

●LEPS での最初の発見後、2002～2003 年と 2006～2007 年に重陽子標的を用いた Θ^+ 粒子の探索を行った。 Θ^+ 粒子やハドロンの性質の解明のため、平成 17 年度より、5 年間の特別教育研究経費で偏極 HD 標的の開発を進めている。

理論研究

理論研究部は、実験と密接に関係しながら RCNP の物理へ貢献すると共に、全国の理論研究者との共同研究で核物理研究の発展を図っている。サイバーメディアセンターの協力でスーパーコンピュータの全国共同利用研究を推進している。全国 16 大学・高専・研究所から 60～80 名のユーザーがネットワークを通して利用している。理論研究部も一大ユーザーである。量子色力学 (QCD) からハドロンを記述して原子核を理解することを目的としている。さらには宇宙や天体の構造と進化の理解に繋げていく。

大塔コスモ観測所

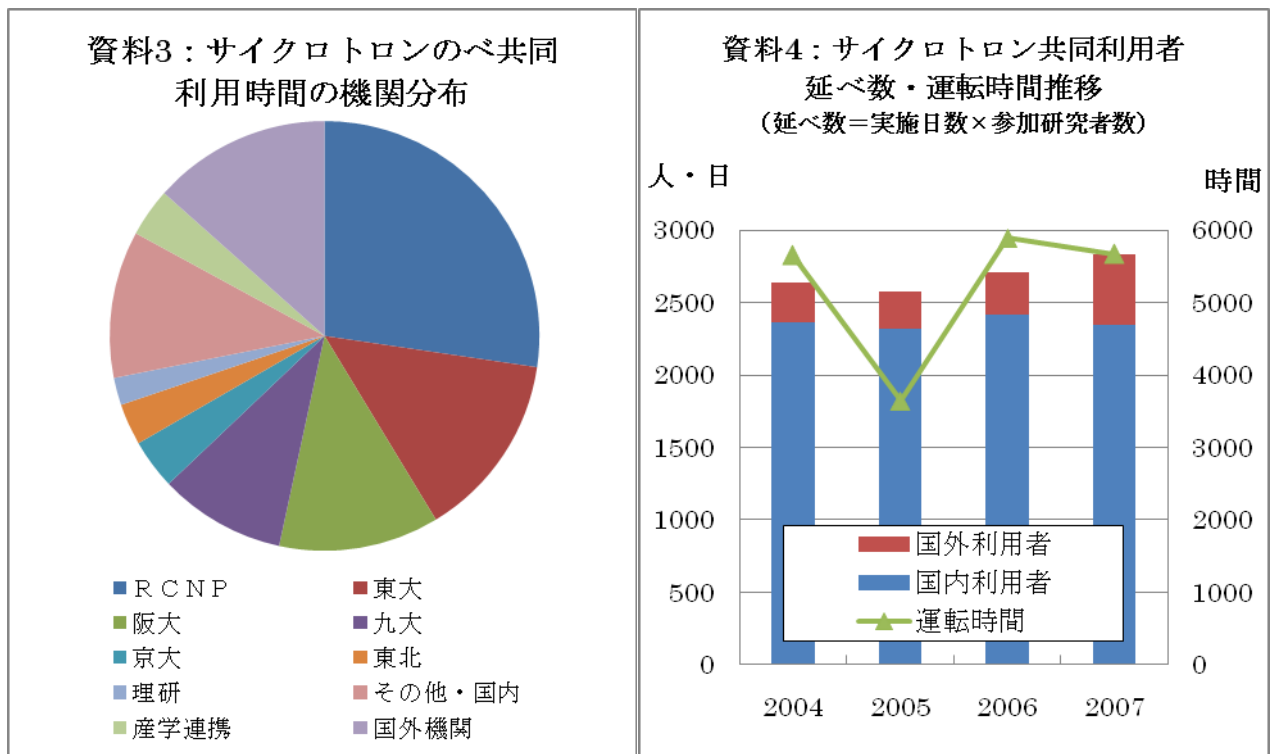
地下の低バックグラウンド環境で、宇宙の物質・反物質の非対称を理解する鍵となる二重ベータ崩壊や、ダークマターの探索等の研究を推進した。最近ではメモリーのソフトウェアの宇宙線による影響などの研究も進めている。

萌芽的研究

将来の研究に向けて J-PARC 関係で展開できる物理の検討を開始した。J-PARC の物理であるが、RCNP で可能な活動としてレプトンフレーバーの破れに関する PRISM 計画に協力している。

外部評価

国際外部評価を 2006 年に実施し、現状の研究活動について高い評価を得た。



資料 A : B-PAC 採択研究課題一覧

課題番号	課題名	研究者数	協力機関	採択日数
FY2004				
E232	Three-nucleon force effects in the $d+p \rightarrow (pn)^1S_0+p$ system at 200 MeV	20	東大理、九大理、理研、Uppsala U、Jagiellonian U	10.0
E233	Tensor analyzing powers in dd radiative capture	17	九大理	6.0
E234	Medium effect in the excitation of the giant dipole resonance in α -cluster	18	甲南大、徳島大、京大理、常磐短大、九大理、ICU	5.0
E236	Study of Isovector Effective Interaction in Nuclei via $^{28}\text{Si}(p,n)$	18	九大理、東大理、理研、ICU	14.0
E237	Investigation of the Characteristics of ($^3\text{He},t$) reaction at 140-MeV/nucleon	19	阪大理、京大理、KVI Groningen、iThemba South Africa、TU Darmstadt、U Koeln	3.0
E240	Measurements in the Sn Isotopes as Tests for the Non-relativistic and Relativistic Calculations for the Nuclear Incompressibility	14	Notre Dame U、阪大理、京大理、九大理	8.0
E241	Nuclear Responses for Double Beta Neutrinos and Double Spin Isospin Resonances.	19	Ben-Gurion U、常磐短大、甲南大、京大理、阪大理	13.0
E242	Resonance States in ^{22}Mg and ^{26}Si Nuclei using the (p,t) Reaction and Reaction Rates in the rp -Process	22	KVI Groningen、阪大理、Indiana U、iThemba South Africa、U Notre Dame、Michigan State U、九大理	7.0
E243	Resonance State in Proton Rich ^{42}Ti and ^{46}Cr Nuclei and Reaction Rates in the rp -Process	23	KVI Groningen、東大 CNS、阪大理、Indiana U、iThemba South Africa、U Notre Dame、Michigan State U、九大理	10.0
E244	Precise measurement of alignment correlation term of ^{13}B	11	阪大理、TRIUMF	8.0
E246	Low-energy proton production cross sections of 392-MeV proton induced reactions as nuclear data	13	九大工、徳島大、JINR Dubna	3.0
E247	Spin-dependent momentum distribution of d - p cluster in ^3He studied via the proton induced exclusive knockout reactions	21	東大 CNS、埼玉大、東大理、JINR Dubna	10.0
E248	Elastic proton scattering to deduce neutron skin thicknesses in lead isotopes	14	京大理、理研	5.5
E249	High-resolution study of M1 strengths and their distribution	18	阪大理、京大理、東大 CNS、U Witwatersrand、iThemba South Africa	14.0
E250	Measurements of ^5He (s -hole) and ^8Li (s -hole) states	23	京大理、甲南大、徳島大、常磐短大、JASRI	7.0
E251	Measurement of Proton-Induced Subthreshold Pion Pair Production	14	阪大理、大阪電通大	6.0
E252	High Resolution Study of Gamow-Teller and Fermi Excitations in ^{56}Co via the ($^3\text{He},t$) Reactions at 140 MeV/u	17	iThemba South Africa、阪大理、KVI Groningen、U Cape Town、U Witwatersrand、京大理	5.5
E253	Investigation of the Molecular States in ^{11}B and ^{13}C	20	東大 CNS、埼玉大	6.0
E255	Elastic proton scattering to deduce neutron density distributions in oxygen isotopes	16	京大理、九大理、理研	4.0
E256	Study of Nuclear Correlation Effects via $^{12}\text{C}(p,n)^{12}\text{N}(g.s.)$	15	九大理	14.0
E258	Measurement of hole-state distributions for Ca isotopes by using $(p,2p)$ reactions	20	九大理、京大理、理研、東大理	8.0
E259	Coherent Pion Production Measurement from the reaction $^{12}\text{C}(p,n\pi^+)^{12}\text{C}$	16	阪大理、九大理、東大理、東北大 CYRIC	3.0
E260	Further development of the high-resolution ($^3\text{He},t$) probe and the application to detailed studies of nuclear structure and the ($^3\text{He},t$) reaction mechanism	22	Michigan State U、阪大理、Ohio State U	3.0
E263	Dipole resonances in ^4He	14	徳島大、甲南大、常磐短大、京大理、ICU	4.0
E264	Feasibility test for the permanent electric dipole moment search of francium atom	13	九大理、京大理、Indian Inst. Astro.	5.0
E265	Magnetic Moment of $^{36,37}\text{P}$	10	阪大理、新潟大、高知工大	3.0
E269	Measurement of Intermediate Energy Neutron Transport through the Low Activation Concrete and Tissue Equivalent Material	17	JSRRI、Stanford LAC、東北大 CYRIC、JAERI、清水建設、京大原子炉	2.0
FY2005				
E270	Study of three-nucleon force effects via the measurements of A_y and K_y' for the $p+d$ breakup reaction at 250 MeV	19	東大 CNS、東大理、理研、九大理、埼玉大	3.5
E271	Measurement of A_{zz} in pd radiative capture at $E_d = 200\text{MeV}$	12	九大理、東大 CNS、理研、九工大、Jageronian U	9.0
E272	Precise determination of Gamow-Teller β -strengths on double beta decay nuclei	19	東大理、九大理、理研、東大 CNS、東工大、東北大 CYRIC、U Muenster、ICU	16.0
E273	High-resolution study of Gamow-Teller transitions starting from ^{13}C and ^9Be as test cases for ab initio shell-model calculations with realistic three-nucleon interaction and for the width study	21	阪大理、U Koeln、U Notre Dame、iThemba South Africa、U Witwatersrand、U Valencia、Michigan State U	1.0
E274	$^3\text{He} + t$ cluster structure in ^6Li	17	甲南大、徳島大、京大理、ICU、常磐短大、九大理	3.0
E275	Inelastic α scattering exciting the superdeformed band in ^{40}Ca and ^{32}S	18	東北大 CYRIC、京大理、U Notre Dame、東工大、甲南大、東大 CNS	1.0
E276	Measurements in the Sn Isotopes as Tests for the Nonrelativistic and Relativistic Calculations for the Nuclear Incompressibility	16	U Notre Dame、京大理、阪大理、甲南大、東北大 CYRIC	6.0

大阪大学核物理研究センター 分析項目 I

E277	Study of High-Spin Isomer in ^{151}Er using Ar Beam	7	阪大理、東大 CNS	6.0
E278	Charged Particle Response of a Prototype Detector Array for the PoGO Astronomical Hard X-ray Polarimeter	11	東工大、広島大、Stanford LAC、Royal Inst. Tech. Sweden	2.0
E280	Characterization of LHC radiation monitoring equipment and benchmark of Monte Carlo calculations	10	CERN、JSRRI、東北大 CYRIC	3.0
E281	Measurement of the half-life of ^{60}Fe for a Nearby Supernova Source	6	阪大理	1.0
E282	High-resolution study of M1 and E1 excitations in ^{208}Pb	26	阪大理、U Witwatersrand、九大理、iThemba South Africa、東北大 CYRIC、東大 CNS、U Darmstadt、京大理、Michigan State U	13.5
E283	Excitation of π cluster in ^9Be and ^{208}Pb	14	甲南大、徳島大、ICU、常磐短大	2.0
E284	Measurement of hole-state distributions for Ca isotopes by using (d, ^3He) reactions	13	九大理、京大理、理研	3.5
E287	Search for High-Spin Shape Isomers in N=83 and a new region N=51 isotones	8	阪大理、東大 CNS、東北大 CYRIC	22.0
FY2006				
E290	Study of intermediate states of double beta decay nuclei via (n,p) reaction at 300 MeV	20	東大理、九大理、東大 CNS、理研、東工大、Muenster U、ICU	35.0
E292	Studies of the (d, ^3He) Reaction on Ge and Se	12	Argonne NL、U Manchester、Open U、GANIL	10.0
E293	Resolving the discrepancy of 0 degree spectra between ($^3\text{He,t}$) and (p,n) reactions on ^{116}Cd target	15	東大理、九大理、Michigan State U、KVI Groningen	2.5
E294	Measurement of $\beta\beta$ -decay matrix element using high resolution ($^3\text{He,t}$) reactions	12	Michigan State U、U Muenster、阪大理	6.0
E295	Investigation of the Giant Monopole Resonance with ^6Li inelastic scattering at forward angles	16	U Notre Dame、京大理、甲南大、東北大 CYRIC、KVI Groningen、BARC Mumbai、SINP Kolkata	7.0
E296	Study of UCN basic parameters for experiments	7	KEK、阪大理	20.0
E298	Measurement of high-energy neutron cross sections for cosmic ray produced nuclides	14	U California、阪大理、Purdue U、民博、金沢大、京大原子炉、U New Mexico、Francis Proton Therapy C	3.0
E299	Investigation of M1 quenching in sd-shell region	30	U Witwatersrand、九大理、阪大理、東北大 CYRIC、東大 CNS、千葉大、U Darmstadt、iThemba South Africa、U Valencia、宮崎大、Michigan State U	16.0
E300	Systematic study of (p, n) reactions on light nuclei at 350 MeV	17	九大理、東北大 CYRIC、理研	13.0
E302	High resolution study of the $^{150}\text{Nd}(^3\text{He,t})$ reaction at 140 MeV/nucleon	29	Michigan State U、阪大理、甲南大、U Muenster、九大理、ICU、KVI Groningen、東北大 CYRIC	4.5
E303	Calibration of absolute cross sections for the elastic scattering and the (p,2p) reaction	12	宮崎大、京大理、理研、東北大 CYRIC、東北大大理、筑波大、東工大	4.0
FY2007				
E304	Systematic measurement for the $^1\text{H}(d,pp)$ breakup reaction in the off-plane star configuration at E=26 MeV	10	九大理、	6.0
E305	Resonance States in ^{30}S , ^{34}Ar and ^{38}Ca Nuclei using the (p,t) Reaction and Reaction Rates in the α p- and rp-processes	19	U Notre Dame、九大理、阪大理、東北大 CYRIC、新潟大	12.0
E306	Search for narrow Gamow-Teller states in the A=4 nuclei	14	阪大理、東大 CNS、宮崎大、新潟大	4.0
E307	High resolution ($^3\text{He,t}$) studies of Gamow-Teller transitions from ^{44}Ca , ^{40}Ca and ^{50}Ti nuclei	16	阪大理、iThemba South Africa、U Witwatersrand、新潟大、U Koeln	6.0
E308	Search for α -condensed state in ^{24}Mg	19	東大 CNS、埼玉大、東北大 CYRIC、東工大、九大理、理研、東大理	6.0
E309	Investigation of the Giant Monopole Resonance in the Cadmium Isotopes	14	U Notre Dame、阪大理、京大理、甲南大、東北大 CYRIC	5.0
E310	Measurement of elastic neutron-scattering cross sections on carbon, silicon, and lead in intermediate energy region	12	JAERI、KEK、総研大、京大原子炉、東北大 CYRIC	2.5
E311	Measurement of neutron energy spectra at 180 degrees in proton induced reaction at 150, 250 and 350MeV	12	JAERI、KEK、総研大、京大原子炉、東北大 CYRIC	1.5
E312	Study of relativistic effects via the measurement of the proton-deuteron breakup around quasi-free-scattering configurations at $E_p=200$ MeV	18	理研、東大理、九大理、Jagiellonian U	6.5
E313	Study of nuclear medium effect in nucleon-nucleon interaction using (p; pn) reactions	25	九大理、宮崎大、京大理、東北大 CYRIC、筑波大	16.0
E314	Search for direct evidence of tensor interactions: High momentum component in nuclei	17	宮崎大、阪大理、筑波大、理研	10.0
E315	Investigation of M1 states and assignment of isospin for Fe and Ni isotopes by comparing (p,p') and ($^3\text{He,t}$) reactions	21	新潟大、阪大理、Witwatersland U、京大理、東大 CNS、宮崎大、Michigan State U	9.0
E316	Complete electric dipole response in ^{120}Sn : A test of the resonance character of the pygmy dipole resonance	29	TU Darmstadt、Witwatersland U、iThemba South Africa、阪大理、東大 CNS、Cukurova U、宮崎大、新潟大、京大理、Texas A&M U、U Giessen	13.0
E317	Study of spin dipole strengths in ^{12}N and ^{16}F via complete polarization transfer measurements	18	九大理、東北大 CYRIC	10.0
E319	Feasibility study of the (d,pp) reaction in inverse kinematics as a possible probe for B(GT+) strengths in neutron-rich nuclei	11	理研、東大理	4.0

観点 大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況)

RCNP の共同利用は研究者が実際に施設に来て装置を組上げ、データを収集して解析する正に共同研究である。主要施設は全て共同利用に供され、共同利用実験は国際的に公募される。審査は年 2 回の B-PAC(リング)、随時の Q-PAC(LEPS)で行われ、採択された実験課題は RCNP が支援し、予算もある程度認めるので、体制や実績のない若手研究者にも開かれている。資料 A に評価期間内に B-PAC で採択され、実施された全 68 実験がリストされている。RCNP 所属教員の研究も PAC での審査が基本である。PAC には外国人委員を 1～2 名入れる場合が多く(資料 1)、審査はほぼ英語で行われる。実験の遂行以外に研究成果に繋げるために以下の取り組みを行っている。

- 主催の国際会議は年に 1 回以上、共催や後援するものは年 5 件以上、他に研究会やワークショップなどを開催し、研究の活性化を進めている。これらはすべて P-PAC で審査する。
- 国内他研究機関とは実験計画書に基づいて連携研究を行っている。国外研究機関とは実験計画書以外に協定も結び、国際協力を進めている。(資料 B)
- 共同利用研究と教育
評価期間の論文数 277 編に加えて、共同利用で学位を取得した学生は博士が 29 名、修士が 42 名である。約 7 割が RCNP 外の学生で、日本の教育に広く貢献している。また RCNP 内の学生の博士後期課程への進学率は約 5 割で物理学専攻の平均を大きく超えて高い。
- 共同利用実験でのデータの収集・バックアップ、解析等のために、汎用計算機システムを共同利用に供している。平成 18 年度にスーパーコンピュータを含めて更新した。

資料 B : 研究協定機関一覧

国外 ハンガリー科学アカデミー素粒子核物理研究所 (ハンガリー) ハンガリー科学アカデミー原子核研究所 (ハンガリー) モスクワ州立物理工学研究所 (ロシア) アンドレーソルタン核物理研究所 (オーストラリア) イテンバ加速器科学研究所 (南アフリカ) ドゥブナ高エネルギー原子核共同研究所 (ロシア) グローニンゲン大学原子核研究所 (オランダ) 北京大学国立核物理工学研究所 (中国) 中国科学院近代物理研究所蘭州重粒子加速器施設 (中国) 韓国原子力研究所 (韓国) 極東国立大学 (ロシア)
国内 理化学研究所 日本原子力研究開発機構 若狭湾エネルギー研究センター 放射線医学総合研究所 兵庫県立大学 KTサイエンス ソニー ルネサス 富士通 HIREC

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待された水準を大きく上回る。

(判断理由)

- ・研究成果を 277 編の論文に結実させた。
- ・サイクロトロンでは①入射器更新によりビームの高輝度化とイオン種の多様化を達成と

- ②ビームラインの新設、中性子ビームの開発による応用研究の発展等、が挙げられる。
 ・LEPS ではビーム強度とエネルギーを向上させ、エネルギーは自身の世界最高を更新した。
 ・79 (博士 29、修士 42) 名の学位取得者を支援した。

分析項目 II 研究成果の状況

(1) 観点ごとの分析

観点 研究成果の状況(大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附属研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)

(観点に係る状況)

共同利用研究により装置の稼働率、論文数、学位取得数等は高いレベルに保たれている。以下得られた具体的な成果を幾つかの項目について記す。

共同利用実験

サイクロトロン共同利用実験

●弱い相互作用過程の核行列要素：高分解能($^3\text{He}, t$)や (p, n) , (n, p) の測定から、①天体内の元素合成におけるニュートリノ反応の寄与を決定付け(業績 1002: 阪大・MSU 等と共同)、②二重ベータ崩壊研究で大きな不定性となる核行列要素の理論導出に指針を与えた(東大・KVI 等と共同)。

●中性子星：①原子核の非圧縮率を α 散乱やスピン双極子和則から導出した(ノートルダム大等と共同)。② (p, n) , (n, p) 反応を用いて核子・ Δ 粒子結合効果を高精度で決定し(業績 1001)、 π 中間子凝縮前駆現象による冷却過程の可能性を示唆した(東大・九大等と共同)。

●核力の多体効果：①少数核子反応の高精度測定と厳密理論計算の比較から三核子力の詳細な性質を探った(理研等と共同)。②高精度陽子弾性散乱や $(p, 2p)$ 反応等を用いて核力の媒質効果を明らかにした(京大・九大等と共同)。

●エキゾチック状態：① α 粒子ボース・アインシュタイン凝縮状態を α 散乱で系統的に研究した(業績 1008: 東北大等と共同)。②AVF更新で得られた重イオンビームを活用して高スピン異性体の系統的研究を開始した(阪大等と共同)。

●基本的対称性：①原子電気双極子能率によるCP非対称の研究を開始した。②超冷中性子生成の開発を進め、He-IIを用いて 10UCN/cc ($\leq 90\text{neV}$)の世界トップクラス密度を実現した(KEKと共同)。

レーザー電子光

● Θ^+ 粒子：2002-2003年、2006-2007年の重陽子標的のデータから確証を得たので、前述のTPCと高輝度化したビームを用いる実験の要素開発を行い、更にビーム強度とエネルギーを上げるLEPS II計画の基本設計を行った。

● ϕ 中間子生成：縦偏極ビームを用いることで、 π や η 等、負パリティの中間子交換が優勢になると思われていた閾値近くの ϕ 中間子光生成でも、正パリティ粒子の交換が優勢で、さらにその断面積に極大が観測されたことから、未知の生成過程の存在を示す結果を得た(業績 1002)。ハイペロン光生成反応においても中間状態で交換される粒子に対する知見が得られている。

●失われた共鳴状態：クォークモデルは予言するが、未だ見つかっていないバリオン共鳴が多く存在する。この探索に於いて LEPS のデータは欠くことが出来ないユニークなものとして扱われている（業績 1006）。

●原子核標的を用いた実験で、 ϕ 中間子生成断面積の標的核質量数依存性が、理論の予想をはるかに超えて大きい事を見出した（業績 1005）。核内での ϕ 中間子の性質の変化を示唆している。

理論研究

●格子 QCD 計算：クーロンゲージでクォーク間の長距離相互作用の色依存性がカシミア則に従っていることを示した。

●ハドロンの現象論：①カイラル対称性を基礎に Θ^+ （業績 1003）や他の複合粒子の構造（業績 1007）を調べ、関連して $\Lambda(1405)$ 等の構造を明らかにした。 Θ^+ の実験での確認は、理論に大きな変更を迫る。② Θ^+ と連動してカイラル対称性を基礎にハドロンと原子核の統一的な理解を完成させた。③量子補正を厳密に扱い、カイラル対称性を持つ規格化可能な線形シグマモデルを作った。今後は原子核中の π 中間子や、高い温度でのカイラル対称性の回復の記述に進む。

●原子核中の π 中間子：核力の源であるが、擬スカラー粒子のため、 π 中間子は原子核では消えた自由度であった。 π 中間子を直接取り扱える平均場理論を構築し、殻模型で記述した。実験と比較可能な段階に達した。

大塔コスモ観測所

ELEGANTS VI 検出器を用いた二重ベータ崩壊の研究で ^{48}Ca について世界最高感度を達成した。更に大型の CANDLES 検出器を開発し、東大宇宙線研究所の神岡地下実験室での実験に発展させた。

(2)分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準を大きく上回る。

(判断理由)

- ・弱い相互作用の研究を強い相互作用で行う方法論を完成させ、天体等での核反応やニュートリノ反応の知識を深めた。
- ・ハドロンの研究を系統的に行い、特に Θ^+ について、2度にわたる追試で存在を明確にした。
- ・PRISM 計画への協力や、CANDLES 計画など新しい研究の芽が育まれた。

Ⅲ 質の向上度の判断

①事例1「サイクロトロン共同実験」(分析項目Ⅰ)

ビームの高輝度化とエネルギー・イオン種の多様化を入射器更新で達成し、法人化以前と比較して、大学附置として最大の加速器の性能を更に向上させ、研究対象を広げた。新しく宇宙核物理学の寄附研究部門が発足することになった。

②事例2「レーザー電子光共同実験」(分析項目Ⅰ、Ⅱ)

ビームのエネルギーと強度の向上が図られ、法人化以前に既に標的付き光ビームで世界最高エネルギーであったが、それを更新した。また LEPS II 計画の基本要素を開発するなど次世代研究の方向性も明らかにできた。