

招待講演

ホール

2S01 : 9月24日(火) 13:00~14:00

1000

Synthesis and Properties of Superheavy Elements

Sigurd Hofmann

Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI, D-64291 Darmstadt, Germany

In recent years the exploration of superheavy elements (SHE) received increasing interest both from theoretical as well as experimental investigation and both from chemical as well as physical studies. The reasons for the activity awakened again are based mainly on technical developments in the field of computer power, accelerator techniques and detection sensitivity.

Using faster and bigger computers the *properties* of heavy nuclei are studied from multi-dimensional macroscopic-microscopic calculations [1,2], self consistent Skyrme-Hartree-Fock [3] and relativistic mean-field models [4]. The results reveal a rather complex structure of shell effects which determine the stability of nuclei in the region of SHEs. Using the macroscopic-microscopic models two equally deep minima of the shell-correction energy are obtained, one at $Z = 108$ and $N = 162$ for deformed nuclei with deformation parameters $\beta_2 \approx 0.22$, $\beta_4 \approx -0.07$ and the other at $Z = 114$ and $N = 184$ for spherical SHEs. Different results are obtained from the self-consistent models. They predict for the spherical nuclei shells at $Z = 114, 120$ or 126 and $N = 172$ or 184 .

The most difficult problem, however, which is awaiting a theoretical solution, is the understanding of the *synthesis* of superheavy nuclei [5,6]. The calculation of the involved dynamical processes on a microscopic level is presently the most challenging and work intensive task. The results will be extremely valuable for the quest of optimum reaction partners and reaction energy for the synthesis of SHEs. As an important further aspect the calculations could also provide information on the usefulness of radioactive beams for the production of SHEs.

Successful methods for the laboratory synthesis of heavy elements have been fusion-evaporation reactions using heavy-element targets; recoil-separation techniques; and the identification of the nuclei by generic ties to known daughter decays after implantation into position-sensitive detectors. Experiments at low cross-sections necessitate projectile beams of high intensity and stability. Although the intensity limits have not presently been reached, considerable improvements of accelerator techniques have been made in recent years. An overview of the facilities and identification methods presently used at GSI in Darmstadt, FLNR in Dubna and LBNL in Berkeley will be given. Similar set-ups are in operation in Japan, Finland, and France.

Results will be presented of recent studies of elements 110 to 112 measured at GSI in Darmstadt using cold fusion reactions [7]. In addition data were measured for the new even-even nucleus $^{270}_{110}$ using the reaction $^{64}\text{Ni} + ^{207}\text{Pb}$ [8]. Decay properties were obtained for the ground-state and a high spin K isomer. The results could be successfully described by calculations using the macroscopic-microscopic model and by self-consistent Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) calculations with Skyrme-SLY4 interaction.

Synthesis and Properties of Superheavy Elements Hofmann, S.

Attempts failed to synthesize elements 113, 116 and 118 at SHIP [7]. These search experiments were performed using the 'cold' fusion reaction and targets of ^{209}Bi and ^{208}Pb , respectively. Also attempts failed to synthesize the isotopes $^{273}\text{110}$ and $^{274}\text{110}$ using the hot fusion reaction $^{40}\text{Ar} + ^{238}\text{U}$. In the experiments with negative results the cross-section limits reached were on a level of about 0.5 - 1 pb, which could be obtained in measuring times of about 3 weeks.

Positive results, however, were obtained at FLNR in Dubna in experiments on the synthesis of elements 112, 114 and 116 using a ^{48}Ca beam and targets of uranium, plutonium and curium isotopes [9]. In recent irradiations of a ^{249}Cf target first evidence was obtained even for the decay of the nucleus $^{294}\text{118}$ [10]. The cross-sections were in the range from 5 to 0.2 pb. The measured decay chains will be also presented and the data will be compared with theoretical predictions.

In experiments planned for the near future at SHIP we are aiming to measure further decay chains of the known isotope $^{277}\text{112}$ using a ^{70}Zn beam and a ^{208}Pb target. With a ^{207}Pb target we will try to synthesize the even-even nucleus $^{276}\text{112}$. This nucleus is located two neutrons beyond the single particle level gap at $N = 162$. K isomers are expected on the basis of theoretical models, similarly as in the case of $^{270}\text{110}$. Changing the target to ^{209}Bi another attempt will be performed to synthesize $^{278}\text{113}$.

In parallel to the heavy element synthesis we further improve our experimental equipment in order to increase the sensitivity. The aim is to reach cross-section limits of about 0.1 pb in one week of beam time. Design studies are being performed in a collaboration of the Institute for Applied Physics in Frankfurt and GSI for a new superconducting continuous wave linear accelerator. An increase of the beam currents (beams of stable isotopes) by factors of 5 to 10 is expected compared to the present currents of about 0.5 μA . Such high beam currents again demand further target improvements. Some promising developments will be presented.

At higher sensitivity further progress in the exploration of superheavy nuclei will become feasible.

- [1] R. Smolanczuk and A. Sobiczewski, Proc. XV. Nucl. Phys. Div. Conf. in St. Petersburg, 1995, p. 313
- [2] P. Möller et al., At. Data Nucl. Data Tables 59, 185, 1995
- [3] A.T. Kruppa et al., Phys. Rev. C, 61, 934313, 2000
- [4] K. Rutz et al., Phys. Rev. C, 56, 238, 1997
- [5] Y. Abe, Proc. Int. Workshop Fusion Dynamics at the Extremes, Dubna, May 2000, p. 162
- [6] T. Wada and M. Ohta, Proc. 3rd. Int. Conf. ENAM 2001, Hämeenlinna, Finland, 2001
- [7] S. Hofmann and G. Münzenberg, Rev. Mod. Phys. 72, 733, 2000
- [8] S. Hofmann et al., Eur. Phys. J. A, 10, 5, 2001
- [9] Yu.Ts. Oganessian et al., Phys. At. Nucl., 64, 1349, 2001
- [10] Yu.Ts. Oganessian, VII Int. School-Seminar, Dubna, May 27 - June 1, 2002

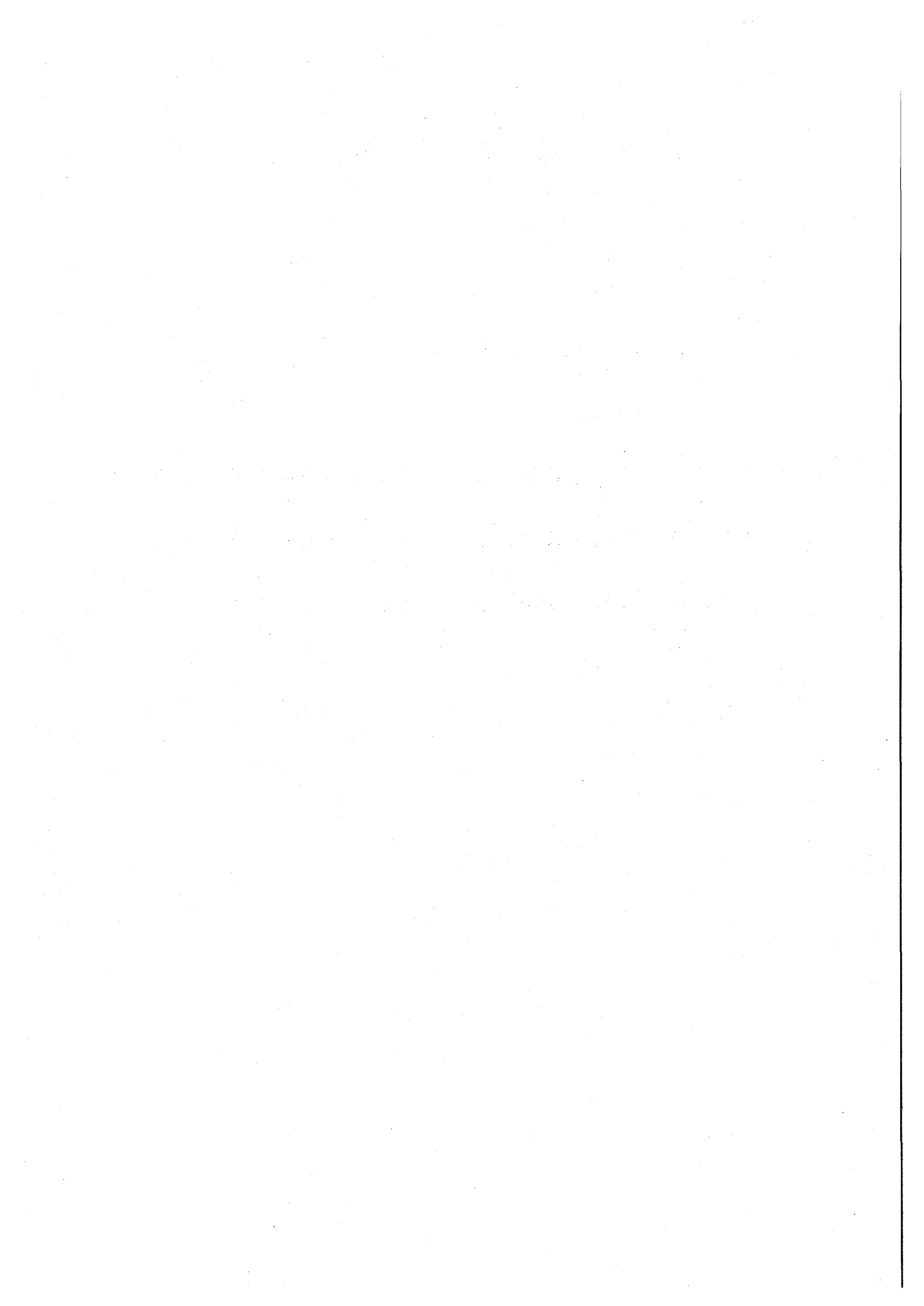
特別講演

ホール

2S02 : 9月24日(火) 14:00~15:00

2S03 : 9月24日(火) 15:15~16:15

2S04 : 9月24日(火) 16:15~17:15



健康を増進する北海道産食素材有効成分を求めて

—老化促進モデルマウスを用いた探索—

北海道大学大学院薬学研究科・薬理学分野 大熊康修

現在、急速に進行している高齢化社会において、多発しつつある老年性痴呆症あるいはアルツハイマー型痴呆症の研究、治療は重要課題である。しかしながら、現在の時点でヒト脳における加齢変化を神経化学的に追跡することは非常に困難である。したがって、加齢に伴う神経化学的変化の研究は実験動物に頼らざるを得ない。また、向知性薬 (nootropic drug)、痴呆症予防薬およびその治療薬などの開発においてヒト病態に類似する病態モデル動物が不可欠である。

老化促進モデルマウス (Senescence Accelerated Mouse, SAM) は早期に老化徴候を自然発症し、短命であることを特徴とする。SAM には早期に老化徴候を示す P(prone)系と、その対照となる正常な速度で老化が進行する R(resistant)系が存在する。現在までに R 系が 3 系統、P 系は 9 系統確立されている。P 系が示す共通の老化徴候は、寿命の短縮の他、活動量の低下、脱毛、被毛光沢の減退消失、被毛粗雑、眼周囲変化、白内障、および脊椎前後彎曲増加などである。SAMP8, SAMP10 系は加齢に伴い学習記憶障害を自然発症することより、痴呆を主とする神経変性疾患の病態解析や脳の老化機序解析のモデル動物として有用と考えられている。今回 SAMP8, SAMP10 脳の神経化学的特徴について紹介する。さらに SAMP8 系を用いて、その加齢、学習記憶障害に対する食素材の効果の例を紹介する。

私たちはこれまでに、とくに加齢に伴い記憶・学習機能障害を自然発症する SAMP8 系マウスについて、その機能障害に関わる神経化学的因子の加齢変化を検討してきた。その結果、SAMP8 の海馬において、グルタミン酸(NMDA)受容体/チャンネル、ムスカリン性アセチルコリン(mACh)受容体数、およびプロテインキナーゼ C 量が有意に減少していた。さらにグリア細胞の増加、およびアミロイド前駆体蛋白質の発現と代謝の異常および蓄積の増加、炎症性サイトカインであるインターロイキン 1β の増加が認められた。これらの脳における異常が SAMP8 学習記憶障害の一因をなすことが示唆された。また、SAMP10 は学習記憶障害とともにうつ状態を伴う情動障害を起こしており、その脳内伝達物質受容体異常についても紹介したい。このような学習記憶能力を自然発症する老化促進モデルマウス SAMP8 を抗老化作用を有する物質の評価系として用い、タマネギ、ハマボウフウ、オウギなど北方系食素材の効果について検討した。学習記憶能力の測定についてはモリス水迷路学習装置およびステップスルー式受動的回避反応を用いた。

表 1 SAM 各系統と生物学的特徴

	表現型	平均寿命 (日)
SAMP1	促進老化, 老化アミロイド症, 聴覚障害, 免疫能低下	297
SAMP2	促進老化, 老化アミロイド症, 腎萎縮, 免疫能低下	277
SAMP3	促進老化, 変形性関節炎	415
SAMP6	促進老化, 老年性骨粗鬆症	243
SAMP7	促進老化, 老化アミロイド症, 胸腺腫	269
SAMP8	促進老化, 学習・記憶障害, 脳幹海綿状変性, 免疫能低下	299
SAMP9	促進老化, 白内障	273
SAMP10	促進老化, 脳萎縮, 学習・記憶障害, うつ	333
SAMP11	促進老化, 老化アミロイド症, 腎萎縮	211
	SAMP 計	291
SAMR1	正常老化	568
SAMR4	正常老化	438
SAMR5	正常老化	462
	SAMR 計	489

Search for beneficial food materials produced in Hokkaido that helps to improve one's health –Using Senescence accelerated mouse (SAM) as an animal model of senescence –
Okuma Y. (Dept. of Pharmacol., Grad. Sch. Pharmaceu. Sci., Hokkaido Univ.)

放射線に対する細胞応答

北海道大学大学院獣医学研究科放射線学教室

桑原 幹典

増殖性の哺乳動物動物細胞は、G1→S (DNA 合成)→G2→M (有糸分裂) →G1…の各周期を約 20 時間程度の早さで分裂・増殖を繰り返している。細胞が活発に分裂・増殖していくためには DNA の複製 (DNA 合成) が必須であり、かつこの複製が正確でなければならない。そのため、真核細胞とりわけ哺乳動物細胞では G1 期、G2 期、M 期にそれぞれ DNA 合成できる環境にあるか否か、その合成が完了している(2 倍になっている)か否か、染色体が紡錘体赤道面に整列しているか否かをチェック(監視)する機構を有している。それぞれ G1、G2、M 期チェックポイントと呼ばれている。

このようなチェック機能が本当に働いているか否かは、イオン化放射線、紫外線、DNA 障害性化学物質などにより DNA に損傷を誘発することで容易に確認できる。実際に、イオン化放射線により細胞を照射すると G1 期と G2 期で細胞周期の停止が起こり、それに伴い損傷 DNA の修復が行われる。また、この細胞周期チェック機能が破綻している細胞は、異常なほど放射線に弱い。そのメカニズム(細胞内情報伝達経路)として、イオン化放射線により DNA に 2 本鎖切断が生成されると、それがトリガーとなり、ATM 遺伝子産物(ATM)ががん抑制遺伝子すなわち p53 遺伝子産物(p53)を活性化し、これが転写活性化因子として様々な蛋白質発現をコントロールすることにより G1 期停止、DNA 修復を引き起こすとされている。興味深いことに、場合によっては細胞は死を選択することもある。この場合、細胞自身が DNA 損傷の修復が不完全のまま生き残るより死んだ方が良いと判断し、能動的に自殺していく現象でアポトーシス(プログラム細胞死)と呼ばれている。この過程も p53 遺伝子がコントロールしている。ちなみに、細胞死にはこの他、栄養素欠乏等の環境要因により受動的に追いやられる死もあり、ネクローシスと呼ばれ、両者には形態的、生化学的に顕著な相違が見られる。

このように p53 遺伝子は G1 期停止、DNA 修復、細胞死(アポトーシス)の 3 つの機能をコントロールし、細胞を正常状態に維持している。p53 遺伝子はがん抑制遺伝子と呼ばれている。多くのがん細胞ではこの p53 遺伝子に変異し、その結果 G1 期停止が起こらず、DNA 損傷は修復されず、アポトーシスが起きない、つまり、がん誘発の条件が整うことになる。さらに、アポトーシスが起こり難いという性質はがんの放射線治療にも影響を与える。しかしながら、我々は p53 status が異なる幾

つかの細胞の放射線誘発アポトーシスを調べているうちに、p53 遺伝子が正常であるにも係らずアポトーシスが観察されない細胞もあれば、p53 遺伝子に変異があってもアポトーシスが誘導される細胞もあること、さらに、DNA2 本鎖切断量に無関係にアポトーシスが誘導される細胞、膜損傷を防護する物質(Trolox)によりアポトーシスが抑制される細胞等、アポトーシスが必ずしも p53 status に依存しないことを観察した。この p53 非依存性アポトーシスのメカニズムが解明されれば、放射線治療の難しいがん細胞に効果的な治療方法が見つかるかも知れない。

p53 が正常であって、しかもアポトーシスの起きない細胞に関して、我々は細胞周期のもう一つのチェックポイント G2 期停止に注目して研究を進めている。放射線照射後、G1 期停止を示さない細胞であっても G2 期の方は必ず停止する。G2 期停止は、やはり DNA 損傷がトリガーとなり、ATR 遺伝子産物の活性化を通し、Chk1 が活性化されることが必要とされている。この G2 期停止を解除し、M 期に進行させるとアポトーシスが起こる。このことは、p53 だけでなく、G2 期停止機構もアポトーシスに関連していることを示唆している。この場合、ある因子(蛋白質)が G2 期停止関連蛋白質との結合・解離を通しアポトーシスの抑制あるいは進行を制御している。また、DNA 以外の損傷がトリガーとなるアポトーシスに関しては、ストレス感受性リン酸化酵素(SAPK/JNK)の活性化に着目し、研究を進めている。この場合、SAPK/JNK の活性化に始まり、Fas 等死のレセプター(Death Receptor)の発現を経てアポトーシスに至る。このアポトーシス情報伝達経路の存在は、放射線照射後であっても細胞膜損傷を防護する物質の投与で細胞死誘発を阻止出来る可能性を示唆している。放射線防護の観点からも大変重要な知見と思われる。

以上、細胞周期チェックポイントと放射線照射との関係を概説するとともに、我々の最新のデータをもとに、放射線—細胞周期チェックポイント—アポトーシスを中心にした哺乳動物細胞の放射線応答について述べる。

大強度陽子加速器施設と中性子科学

北大工学研究科 鬼柳善明

1. はじめに

大強度陽子加速器は中性子発生に使われる。原研-KEK が建設中の施設は、陽子を 400-600eV 線型加速器、3 GeV シンクロトロン、50GeV シンクロトロンで加速し、2 次粒子として中性子、中間子、ニュートリノなどを発生し、物質の構造や運動の研究、素粒子・原子核の研究、また、原子力研究などに応用するものである。

このなかで、中性子を利用する施設は、物質・生命科学実験施設と呼ばれ、中心的研究施設の一つになっている。北大では、工学部にある電子加速器を用いて中性子の発生から利用までの研究を行い、大強度陽子加速器計画の中性子源の設計などに対して大きな貢献をしている。ここでは、計画の概要、中性子源設計の現状と課題、北大での関連研究などを概観する。

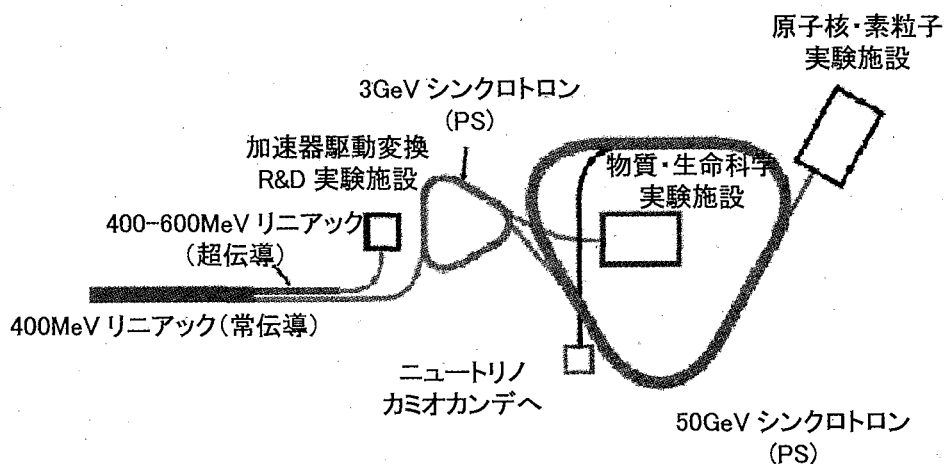
2. 大強度陽子加速器施設の概要

下図に示すように、陽子リニアックで 600MeV まで、次に初段のシンクロトロンで 3 GeV まで、次いで 50GeV まで加速する。この施設は 2001 年 4 月から建設が始まっていて、2007 年 3 月にビームを出す予定である。1 期工事は既に認められており総額 1335 億円、2 期工事を含めると、総工費は全部で約 1890 億円になる。

600MeV 陽子は加速器駆動核変換施設に送られ、そこで原子炉で発生する長寿命放射性核種の核変換のための基礎的実験を行なう。ここで得られた研究結果を基に、本格的施設ができれば、現在、地層処分が考えられている長寿命放射性廃棄物の量と高レベルでの保管期間を大幅に減少することが期待されている。

3 GeV シンクロトロンからの陽子は物質・生命科学実験施設に送られ、前段で中間子が、後段で中性子が発生される。この施設には、約 1 MW のパワーの陽子ビームが送られるが、中間子ではそのうち約 10% のビームが使われ、残りが中性子発生に当てられる。主として物質の原子・分子レベルの構造や運動の研究が行われる。

50GeV 陽子は K 中間子やニュートリノ発生に使われ、原子核素粒子研究が行われる。今話題になっているニュートリノの質量を正確に測ることも行なわれる。



3. 中性子科学の世界

大強度陽子加速器施設の中でも中性子施設は加速器パワーのほとんどを使用する重要なものになっている。その理由として、次のような特徴が挙げられる。

エックス線などと比較した場合、

(1) 中性子は原子核毎に相互作用の強さが変化する。特に、水素やリシウム(Li)のような軽い原子核がよく見える。

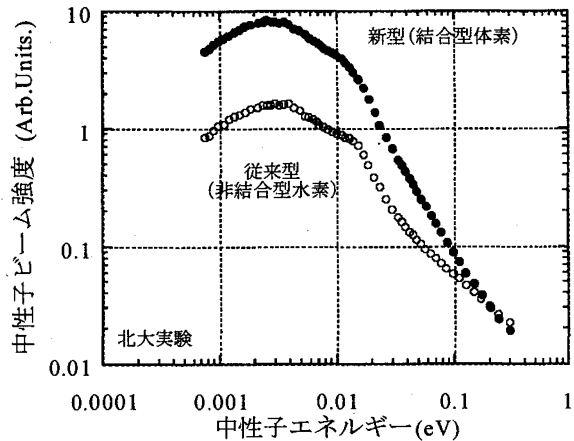
(2) 中性子には磁石の性質があるため、物質の磁気構造を調べることができる。

(3) 中性子は透過力が強いので、工業製品をそのままの状態で行うことができる。

これらの特長を利用して、21世紀の主要課題である生命科学に関して、生体物質中の水素（あるいは水）の位置、ダイナミクスを調べる、また、中性子の高い透過性を産業利用に供するなど、従来の物質研究に加えて新規のことが考えられている。

4. 北大加速器をベースにした中性子に関する研究

発生中性子のエネルギーが高いため、それを減速して物質研究等に最適なエネルギーにする。そのための中性子減速材として液体・固体メタンが優れた性質を持っていることが、70年代に北大で示されたが、最近の大強度ではメタンの放射線損傷のため使用できない。それで、液体水素を減速材として用いる。我々は、新しい減速材システムを提案し、その特性を検証した。右図に従来型と新型の中性子減速材システムから放出される中性子のエネルギー分布を示す。新しいタイプのものは、従来のものと比べて、中性子強度が10倍近く増えることが分かった。このシステムは、現在建設中の日本やアメリカの施設でも使われることが決定されている他、ヨーロッパの計画や既存施設の改良の際にも採用されている。



水素減速材でも、水素をパラ水素状態にすることによってさらに強度が増えることが計算結果から示されている。しかし、放射線場でパラ水素が、またオルソ水素に変換すると言われている。その正確な評価ができないのが現状である。また、先に述べたように、メタンが高放射線場で使えば、中性子強度が高くなる。もし、その様な手法が見つければ、大きな進歩が得られる。

図 新型と従来型の中性子エネルギースペクトル

現在、中性子発生ターゲットとして水銀が使われる予定であるが、これについてはまだ経験がほとんどない。固体ターゲットとしてタングステンが中性子工学の観点からは優れているが、放射線場で水腐食が激しくなり、減肉すると言った問題があり、課題となっている。

5. おわりに

中性子は基礎から応用研究まで広い範囲に使うことが可能であり、現在、考えられていない新しい用途も、これから出てくる可能性もある。この新中性子源を使って、新しい分野が切り開かれ、将来の科学の発展に大きく貢献できるようになることを期待している。

**High Power Proton Accelerator Project and Neutron Science
KIYANAGI, Y.**