

Synthesis of Chromium  
Oxide Microspheres

1

Proton Beam for inducing  
mutations in Rice

5

उन्नत जन-जुड़ाव एवं नतीजे

13



Bi-monthly • November - December • 2018

• Issue No. 366

ISSN: 0976-2108

# BARC

## NEWSLETTER



Induction Levitation Melter



# CONTENTS

## Editorial Committee

### Chairman

Dr. G.K. Dey  
Materials Group

### Editor

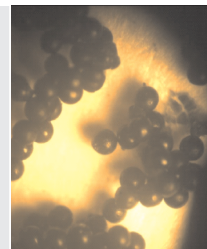
Dr. G. Ravi Kumar  
SIRD

### Members

Dr. A.K. Tyagi, Chemistry Divn.  
Dr. S. Kannan, FCD  
Dr. C.P. Kaushik, WMD  
Dr. S. Mukhopadhyay,  
Seismology Divn.  
Dr. S.M. Yusuf, SSPD  
Dr. B.K. Sapra, RP&AD  
Dr. J.B. Singh, MMD  
Dr. S.K. Sandur, RB&HSD  
Dr. R. Mittal, SSPD  
Dr. Smt. S. Mukhopadhyay, ChED

## Microfluidic Synthesis of Chromium Oxide Microspheres by SOL-GEL Process

Nirvik Sen, K.K. Singh, K.T. Shenoy, R. Pai, Y. Bamankar,  
S. Kannan



1



## Use of Proton Beam as a Novel Tool for Inducing Mutations in Rice

Vikash Kumar, Gautam Vishwakarma, J.P. Nair, P. Surendran,  
Anjali Chauhan, Hillary Sparrow, A. K. Gupta, Abhijit Shitre,  
Bikram Kishore Das

5

## Development of Induction Levitation Melter

G. Sugilal, Shaji Karunakaran, Jyoti Jha, Shashi Kumar,  
M.H. Rao, C.P. Kaushik



10



## उन्नत जन-जुड़ाव एवं नतीजे

नलिनीश नगाइच, उमेद यादव

13

## News and Events



17



# Microfluidic Synthesis of Chromium Oxide Microspheres by SOL-GEL Process

Nirvik Sen, K.K. Singh, K.T. Shenoy

Chemical Engineering Division

R. Pai, Y. Bamankar, S. Kannan

Fuel Chemistry Division

## Abstract

A microfluidic platform is developed to synthesize chromium (III) oxide microspheres having a narrow size distribution by sol-gel method. The platform comprises two microfluidic T-junctions, one for mixing of chromium nitrate and HMTA-urea streams and other for segmenting the mixed aqueous phase by an immiscible inert organic phase. A microbore tube follows the second T-junction to provide residence time for the gelation of segmented aqueous phase droplets. Synthesis could be carried out without any choking despite solidification due to gelation in the microbore tube in continuous mode of operation. The effects of the ratio of the flow rates of the organic phase and the aqueous phase on average size and polydispersity index of microspheres are studied. Both parameters are observed to reduce with an increase in flow rate ratio.

**Keywords:** Microfluidics, T- junction, Sol-gel, Microspheres, Chromium(III) oxide

## Introduction

In recent years microfluidic platforms have been explored to synthesize monodispersed microspheres (inorganic as well as polymeric) in continuous mode. This route eliminates the probability of batch to batch variation of the product quality. Moreover, the process can be scaled-up using numbering-up approach. The platform can be used to synthesize microspheres with very narrow size distribution and very good sphericity which are required in many applications. One such application is the synthesis of oxides of nuclear fuel elements like U/Pu/Th for advanced reactors in the form of microspheres<sup>[1]</sup>. Typically, the synthesis route for such microspheres involves an internal gelation method (sol-gel) carried out using a gelation column and a dispensing needle (of suitable size) to generate micron sized drops<sup>[2]</sup>. However, the size of the setup is relatively larger and throughput of the process is limited by the height of the gelation column.

Microfluidic platforms to synthesize microspheres of nuclear materials have the potential to produce microspheres having narrow size distribution while keeping the setup very compact. Compact setup is of paramount importance while working in constrained environments like fume hood/glove box, which is typically the case for nuclear fuel. Microfluidic platforms can broadly be classified into two categories such as: microchannel-based and capillary-based. Compared to microchannel-based microfluidic platforms, capillary-based microfluidic platforms are easy to assemble and do not need sophisticated microfabrication techniques like photo-lithography etc. Different researchers have used capillary-based microfluidic platforms to demonstrate sol-gel type of reaction. Ye and co-workers used a T-junction followed by a capillary to synthesize  $\text{CeO}_2$  microspheres<sup>[3]</sup>. Yang and co-workers demonstrated the synthesis of uniform Ce/Eu oxide microspheres with varying Eu

content (7.90%, 13.00%, and 17.56%)<sup>[4]</sup>. In the present work, a capillary-based microfluidic platform is used for the synthesis of microspheres of a surrogate material i.e. chromium oxide in continuous mode. The method used in this work is essentially an in-situ technique in which chromium precursor stream and the gelation agent (i.e. Hexamethylenetetramine (HMTA) and urea) are mixed at a T-junction and then the mixed stream is sheared to form monodispersed drops at a second T-junction using a continuous inert organic phase. A microbore tube connected to the second T-junction provides the residence time for gelation to occur in the aqueous phase droplets sheared by the organic phase. The microbore tube is wetted by the organic phase and this prevents choking of the microbore tube even after solidification due to gelation. Since the drop size produced at the second microfluidic junction depends on the flow rates of the mixed aqueous phase and the organic phase, the effect of

organic phase to aqueous phase flow rate ratio (O/A ratio) on the size and polydispersity of the microspheres is studied.

### Experimental setup and procedure

Fig. 1 shows the schematic of the experimental setup. Two syringe pumps were used to pump the chromium precursor solution (chromium nitrate) and gelation solution (HTMA-urea) to an 800  $\mu\text{m}$  diameter opposed T-junction, which mixes the two streams. The ratio of molar concentration of HMTA-urea to molar concentration of chromium precursor was maintained at 1.4. A small section of an 800 micron microbore tube was used to transfer the mixed aqueous phase stream to a second opposed T-junction. A third syringe pump was used to pump inert organic phase (dodecane) to the second T-junction. At the second junction, the mixed aqueous phase was dispersed into the continuous organic phase as small drops. This configuration is called as a double T-junction in the rest of this report. The drops generated at the junction thereafter passed through a long microbore tube immersed in a hot bath maintained at 80°C. The drops containing chromium precursor solution as well as HMTA-urea solution formed a gel and got hardened during the residence time provided in the microbore tube. The detailed chemistry of the gelation process is reported elsewhere<sup>[1]</sup>. The microspheres coming out of the microbore tube were separated from the organic phase by filtration and then washed thoroughly by  $\text{CCl}_4$  to remove traces of organic phase. Thereafter, the washed microspheres were dried to ensure the removal of  $\text{CCl}_4$ . This was followed by washing with aqueous ammonia to remove unreacted HMTA, urea and other

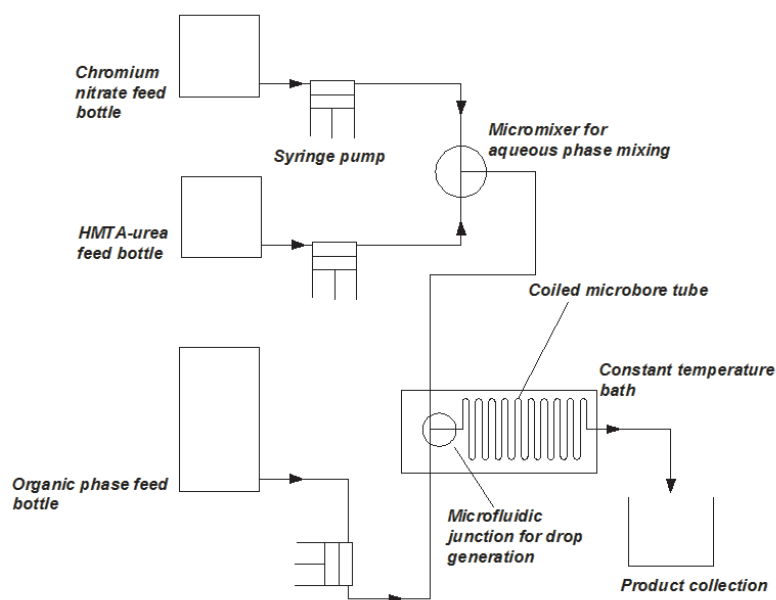


Fig. 1. Schematic diagram of the capillary based microfluidic platform

reaction products. This step was followed by drying at 120°C. The dried samples were observed under an optical microscope. The micrographs were analyzed using ImageJ software and average particle size and polydispersity index were determined. At least 100 particles were measured to arrive at these values. A representative sample was heated to 300°C to remove organic traces and thereafter calcined at 700°C to obtain chromium (III) oxide microspheres. Specific surface area of the sintered oxide microspheres was measured using BET technique and the morphology of the microspheres was observed using SEM.

### Results and Discussion

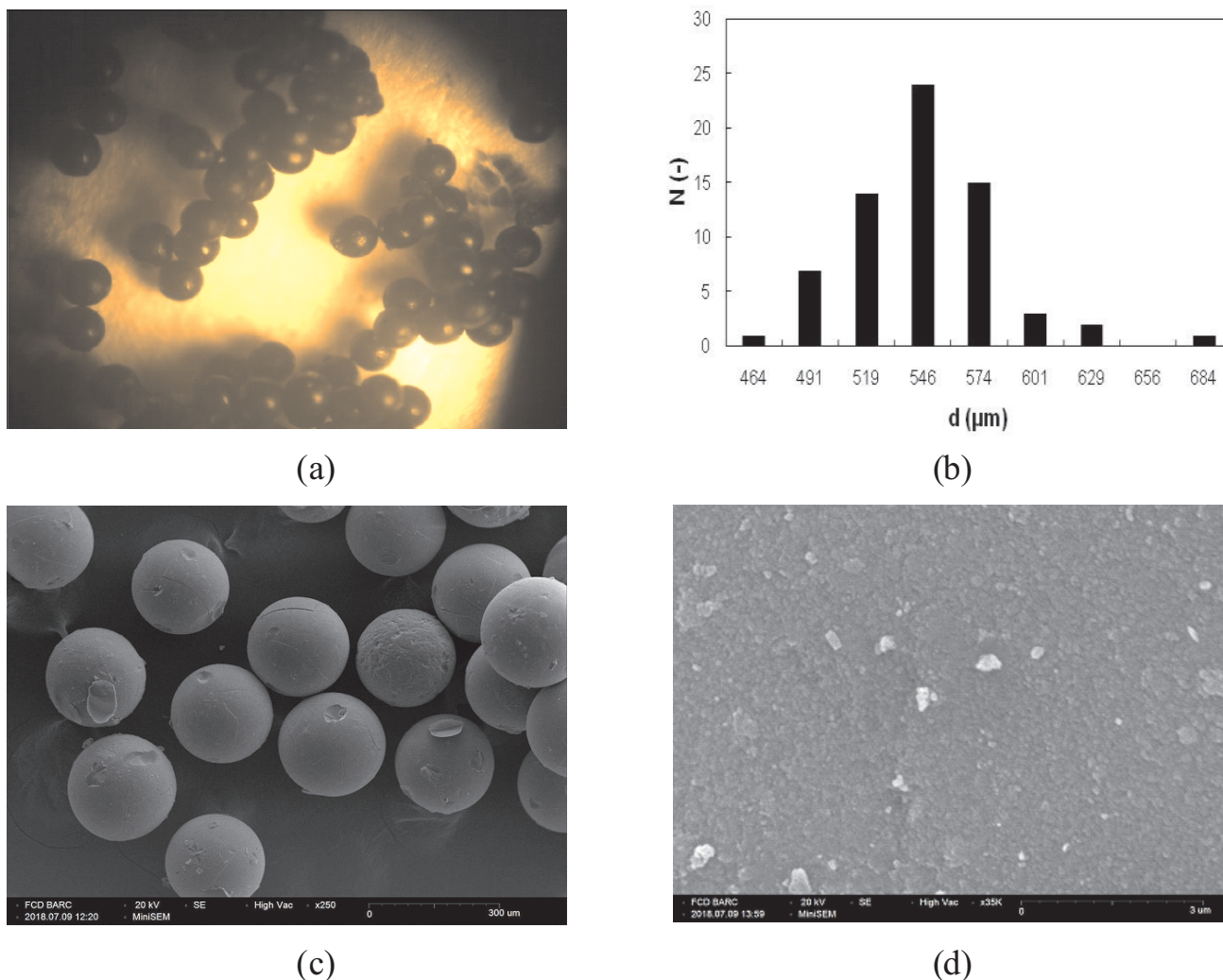
The effect of O/A ratio on average diameter and polydispersity index was studied in detail. Average diameter of the microspheres was estimated by using Eq. (1). Polydispersity index (PDI) is essentially the coefficient of variance

$$d_{10} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} n_i d_i}{\sum_{i=1}^{i=N} n_i} \quad (1)$$

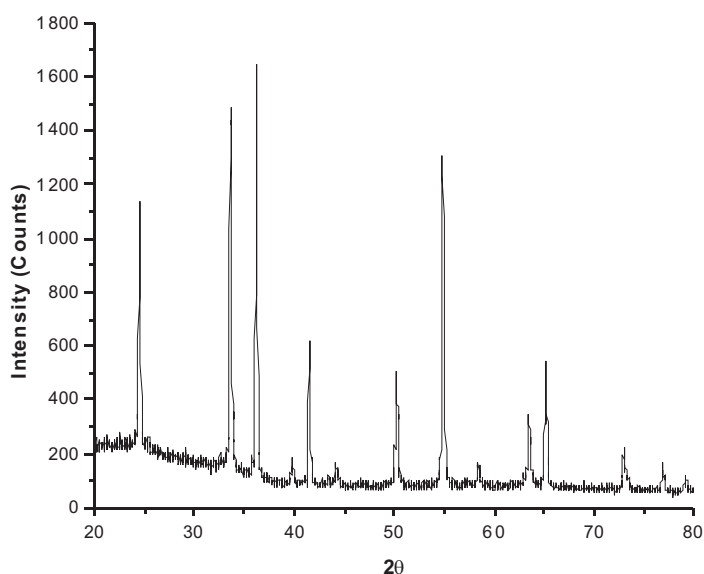
$$PDI = \frac{100 \sqrt{\sum_{i=1}^{i=N} (d_i - d_{10})^2 / (N-1)}}{d_{10}} \quad (2)$$

of the particle size distribution. It was estimated using Eq. (2).

Fig. 2a shows the micrograph of the chromium hydroxide microspheres synthesized at O/A ratio of 60. The diameter distribution is also shown along with the micrograph in Fig. 2b. The average diameter is measured to be 579  $\mu\text{m}$ . Polydispersity index is 6.6% which shows that the microspheres are almost monodispersed. The particles were also freely flowing and did not stick to each other after ammonia wash. Fig. 2c and 2d show the surface morphology of the calcined microspheres observed by SEM. The microspheres are found to be spherical with a smooth surface. The specific surface area of the microspheres as obtained from BET analysis is found to be 30  $\text{m}^2/\text{gm}$ . The room temperature XRD pattern of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  microspheres calcined at 700°C for 2 h was recorded. It is shown in Fig. 3. The pattern observed matches well with the  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  PDF# 38-1479.



**Fig. 2. (a) Micrograph of chromium hydroxide microspheres (b) size distribution of the chromium hydroxide microspheres and (c) & (d) morphology of the sintered chromium oxide microspheres by SEM at two magnifications**



**Fig. 3. Room Temperature XRD pattern of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  microspheres calcined at 700°C for 2 h**

Repeatability of the experiments was also checked. The variation in average size of microspheres for identical flow conditions was very less ( $< 4\%$ ). The effect of O/A ratio on average diameter and polydispersity index was also checked. **Fig. 4** shows the effect of O/A ratio on average diameter and polydispersity index. Flow rate of mixed aqueous phase was 0.05 mL/min. It can be observed from **Fig. 4** that an increase in O/A from 30 to 60 reduced the diameter of microspheres by as much as 28% (i.e. from 788 to 579  $\mu\text{m}$ ). Also the polydispersity index is observed to reduce from 10.5% to 6.6%. For the same flow rate of the aqueous phase, higher flow rate of the organic phase inflicts more shear force on the

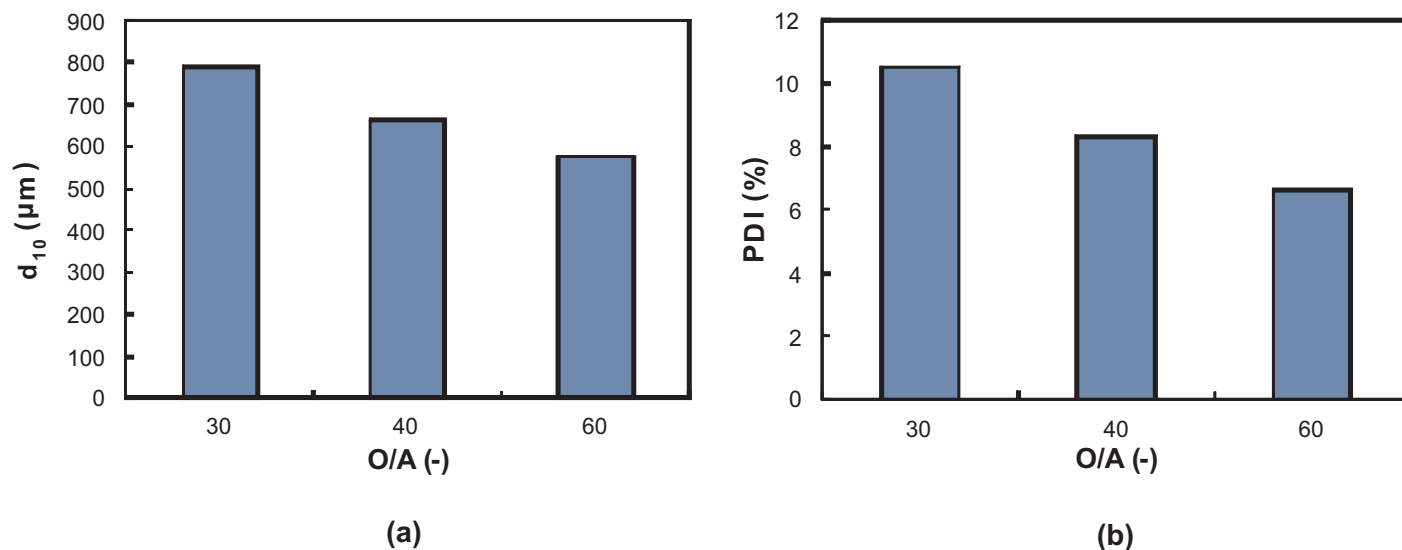


Fig. 4. Effect of O/A ratio on (a) average particle size and (b) polydispersity index

liquid-liquid interface at the microfluidic junction. This leads to faster drop breakage resulting in smaller drops of the aqueous phase. Furthermore, at high O/A ratio disturbances that may lead to formation of drops of different diameters are damped significantly thus reducing the polydispersity index. Hence, it can be concluded that formation of smaller microspheres with narrower size distribution is favoured at high O/A ratio. This also shows that it is possible to obtain microspheres of desired size range by varying the O/A ratio.

### Conclusion

A capillary microfluidic platform is developed for the synthesis of chromium oxide microspheres in continuous mode with a narrow size distribution through sol-gel route. It comprises a double T-junction configuration and a 800  $\mu\text{m}$  diameter microbore as the microreactor. The first microfluidic junction is used to mix chromium precursor (i.e. chromium nitrate) and HMTA-urea streams. The second microfluidic junction is used to disperse the mixed aqueous stream in the form of small droplets using an immiscible inert organic phase. Chromium oxide

microspheres obtained from the microfluidic route were free flowing, spherical and had smooth surface. Average diameter and polydispersity index were observed to reduce with increase in the flow rate ratio of the organic phase and the mixed aqueous phase (O/A ratio) which makes it possible to obtain microspheres of desired size by varying the operating conditions. For O/A = 60, spherical particles of 579  $\mu\text{m}$  average diameter and 6.6% polydispersity index were obtained. The work reported in this study is with chromium nitrate as a surrogate. The platform can be modified and optimum conditions can be identified to synthesize microspheres of nuclear fuel elements.

**Corresponding author and email:**  
K.K. Singh (kksingh@barc.gov.in)

### References

1. V.N. Vaidya, Sol-gel process for ceramic nuclear fuels. Transactions of the Indian Ceramic Society, 63(3), pp.163-167, 2004.
2. R.D. Hunt, R.R. Hickman, J.L. Ladd-Lively, K.K. Anderson, R.T. Collins and J.L. Collins,

Production of small uranium dioxide microspheres for cermet nuclear fuel using the internal gelation process. Annals of Nuclear Energy, 69, pp.139-143, 2014.

3. B. Ye, J.L. Miao, J.L. Li, Z.C. Zhao, Z. Chang, and C.A. Serra, Fabrication of size-controlled  $\text{CeO}_2$  microparticle by a microfluidic sol-gel process as an analog preparation of ceramic nuclear fuel particle. Journal of Nuclear Science and Technology, 50(8), pp.774-780, 2013.
4. Y.T. Yang, X. Li, C.F. Fu, T. Song, Z.Q. Chang, D.Q. Meng and C.A. Serra, Fabrication of uniform Ce/Eu oxide microparticle by a microfluidic Co-Sol-Gel process as an analog preparation of MA-bearing ceramic nuclear fuel particles. Nuclear Science and Engineering, 181(2), pp. 216-224, 2015.



# Use of Proton Beam as a Novel Tool for Inducing Mutations in Rice

Vikash Kumar, Gautam Vishwakarma, Anjali Chauhan, Abhijit Shitre, Bikram Kishore Das

Nuclear Agriculture and Biotechnology Division

J.P. Nair, P. Surendran, Hillary Sparrow, A.K. Gupta

Nuclear Physics Division

## Abstract

Mutation breeding using ionizing radiation have been used as a useful tool for creating genetic variability and crop improvement. Proton ion beam has emerged as a novel mutagen in mutation breeding of crop plants. An experimental proton ion beam setup for irradiation of rice seeds have been designed at BARC-TIFR Pelletron facility, Mumbai. This set up enable users to remotely operate irradiation of large number of seeds. To understand the effect of proton ion beam on rice seedling, various seedling parameters in rice were studied. The seeds of CSR27 rice variety were irradiated with 20 different doses of proton beam (0 – 600 Gy) followed by in-vitro germination and recording data on seedling growth parameters. At low doses (20-40 Gy), growth stimulating effect on most of the seedling growth parameters was observed. LD50 based on Probit analysis was found to be 173.7 Gy. The GR50 for vigour index was 181 Gy, which is very close to the LD50 value. The results clearly indicated proton beam dose of 170-180 Gy might be an optimum dose for irradiation of CSR27 rice variety. Proton beam can be used in creating novel variability which will be beneficial to the farmers. A Glyphosate (Glycel) herbicide tolerant (putative) mutant in CSR27 rice variety has been identified using proton beam irradiation which will help to combat weed problems in rice field.

**Keywords: Proton beam, Lethal Dose 50 (LD50), Growth Reduction 50 (GR50), Rice, Mutation Breeding**

## Introduction

Mutation breeding is an essential tool in plant breeding for creation of genetic variability and for improving existing germplasm. Rice is the most important cereals both in India, and also globally. Climate change and resurgence of new pathogens pose a major threat to rice crop. Sustained efforts are being made to develop new rice mutants by identifying new sources of genomic variation that can be directly used in rice breeding programs [1]. Across the world, mutation breeding techniques have been used for generating wide genetic variations and for developing thousands of new crop varieties during the past decade [2]. Globally, 3248 crop mutant varieties were released officially for commercial use in more than 210 plant species from more than 70 countries, as referenced in the Mutant Varieties Database of IAEA. In Rice alone, 820 mutant

varieties have been developed through mutation breeding [3]. Gamma rays are the most popularly used mutagen. However, gamma rays - characterised by low LET radiation - cause distant ionization events and can result in spread-out damage in the plant DNA. High LET radiation emanating from proton and other ion beams produces intense clustered DNA damage at the site of ionization and offer a better spectrum of damage to the DNA as compared to gamma rays [4]. High LET ion sources have been used for mutation breeding in Japan, China & Korea. However, there is no reference on their use so far in India. In Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Mumbai, proton beam source for mutation breeding for rice was initiated as a collaborative effort between NA&BT and NPD at BARC-TIFR Pelletron facility. Mutation breeding using proton as a novel mutagen complements conventional breeding

by improving of agronomic traits, resistance to biotic and abiotic stresses, grain physical parameters and nutritional value in rice [5].

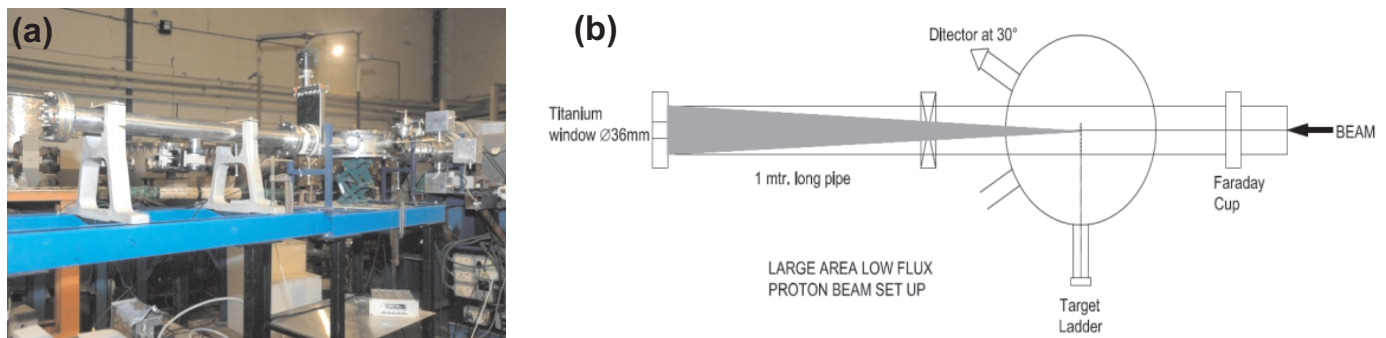
## Material and Method

### Plant material

Freshly harvested healthy seeds of CSR 27 and IBD-1 rice varieties were used for the present experiment. The viability of the seeds was thoroughly checked and off-type seeds, if any, were removed.

### Proton ion beam irradiation

Proton irradiation was carried out at BARC-TIFR Pelletron Accelerator facility (**Fig. 1a**), at Tata Institute of Fundamental Research (TIFR), Mumbai. Proton ion energy and penetration depth in rice grains was simulated using SRIM (Stopping and Range of Ions in Matter) tool. Proton source with 14.52 MeV energy was selected for irradiation after compensating for the loss in Gold



**Fig.1. (a) Setup for proton beam irradiation at BARC Pelletron Facility at TIFR & (b) Schematic diagram illustrating beam scattering.**

target and Titanium window and 4.0 keV/ $\mu\text{m}$  LET in target [6]. The  $\sim 2\text{-}3$  mm diameter beam size from Pelletron accelerator was scattered using a Gold target of  $1.35 \text{ mg/cm}^2$  to obtain large area proton beam of 36 mm diameter to irradiate  $\sim 50$  grains at a time. The forward scattered beam was brought to atmosphere through a Titanium window (36 mm diameter and 50 microns thick) at the outlet of one-meter-long tube (Fig. 1b). The proton flux beyond this window was measured using a PIN diode detector assembly mounted on an X-Y movement support. Proton beam current of 1 nano ampere corresponds to a flux of  $6.25 \times 10^9$  particles. To prevent detector deterioration due to this large flux, a 1 mm collimator setup was mounted on the detector to effectively reduce the flux reaching the detector. To measure the flux distribution at various points in the scattered beam, the detector was scanned in X-Y direction using the movement support. And the distribution was found to be 70% and 60% at 30 mm and 36 mm diameter respectively from the centre. Absorbed dose to sample was calculated from the proton flux using the relation by Ziegler [6]:

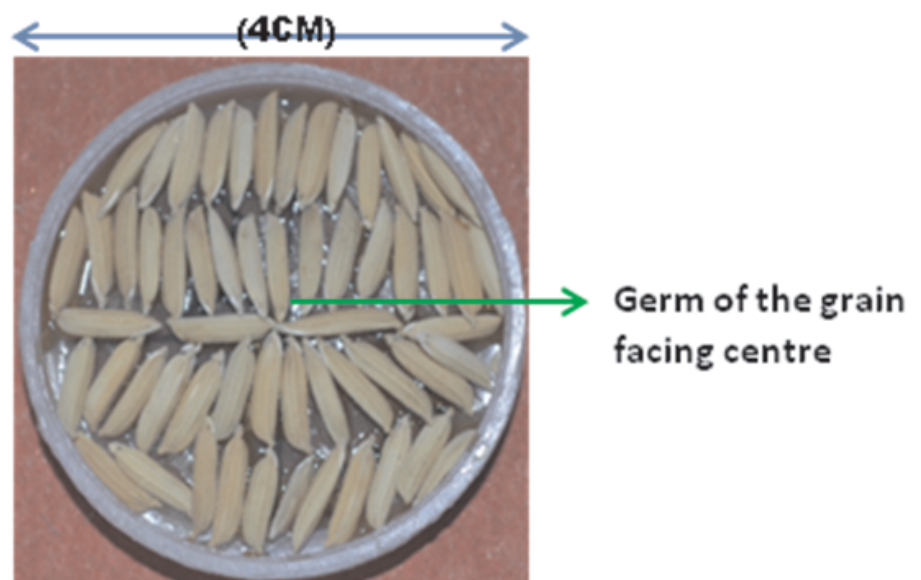
$$\text{Dose (Gy)} = 1.6 \times 10^{-9} \times \text{LET (keV/}\mu\text{m)} \times \text{particle fluence (protons/cm}^2\text{)}$$

For irradiation, the detector setup was replaced by rice grains pasted in a

plastic cap (Fig. 2). Each plate consisted of approximately 50 rice seeds arranged in concentric layers. The absorbed doses ranged from 20 to 600 Gy with a total of 19 doses viz., 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 200, 220, 250, 280, 300, 350, 400, 450, 500, 550 and 600 Gy. The dose uniformity was under  $\pm 25\%$  in a 4 cm diameter culture plate. A remotely operated setup was designed for high-throughput irradiation of large number of grains without entering into beam hall for changing the sample. This setup saves significant amount of time, and allows for irradiation of  $\sim 2000$  grains in a single operation carried out remotely from control room.

### Germination Test

Thirty seeds from each petri-plate per replication were used for germination studies. Surface sterilized seeds were soaked in distilled water overnight at  $37^\circ\text{C}$  at 100 rpm in an orbital shaker. Soaked seeds were spread out on the sterilized blotting sheets in sterilized petri-plates and were stored in dark conditions at room temperature inside the incubator. Observations on germination were recorded seven days after sowing in each treatment. The emergence of coleoptiles and over 1 mm long radical was considered as germination in the study[7]. Germination was calculated as percent of control. The percentage



**Fig. 2. Arrangement of rice seeds on a 4cm diameter plastic plate. (Note that the germ or embryo portion of the rice seed should face the centre of the plate)**

(%) of germination was calculated as:  
(Number of seeds germinated in 7 days/ total number of seeds) X 100.

### Morphological studies

Ten randomly selected seeds from each petriplate were used to study the effect of proton beam on rice growth parameters viz. shoot and root length. Seeds were sterilized and soaked in distilled water as mentioned above. Whatman filter paper no. 1 was cut into 15 cm x 25 cm size and folded into 3 cm width. In the trenches, 10 small holes were made equidistant and placed in germination rack. 10 soaked seeds per replication was placed near each hole with embryo facing holes. Each treatment was replicated three times. The racks were placed in rack stands with 3-4 cm of water in it. The rack stands were kept in plant growth chamber (Sanyo, Japan) with a daily cycle of a 14 h photo period with a light intensity of  $150 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , day/night temperatures of 25/22°C and a relative humidity of 65–75% [8]. After 2 weeks, seedlings were separated carefully and data on plant growth parameters such as shoot length and root length were taken on five representative seedlings per replication. These seedlings were wiped properly with lint free tissue paper and fresh weight of root and shoot were also taken. Total seedling length (cm) was calculated by adding shoot length and root length. Vigour index was calculated by multiplying germination % with total seedling length (cm).

### Statistical analysis

Lethal dose experiment was organized on a completely randomized block design with three replications and the random block included 20 levels of proton beam treatment (including control). Least

significant difference (LSD) test at P-values less than 0.01 was used to investigate variation in observed averages of all tested parameters between treated and non-treated rice seeds. Analysis of variance was done using OPSTAT software [9]. Probit Analysis was carried out to determine the lethal dose 50 (LD50) of proton beam in rice [10,11].

### Results and Discussion

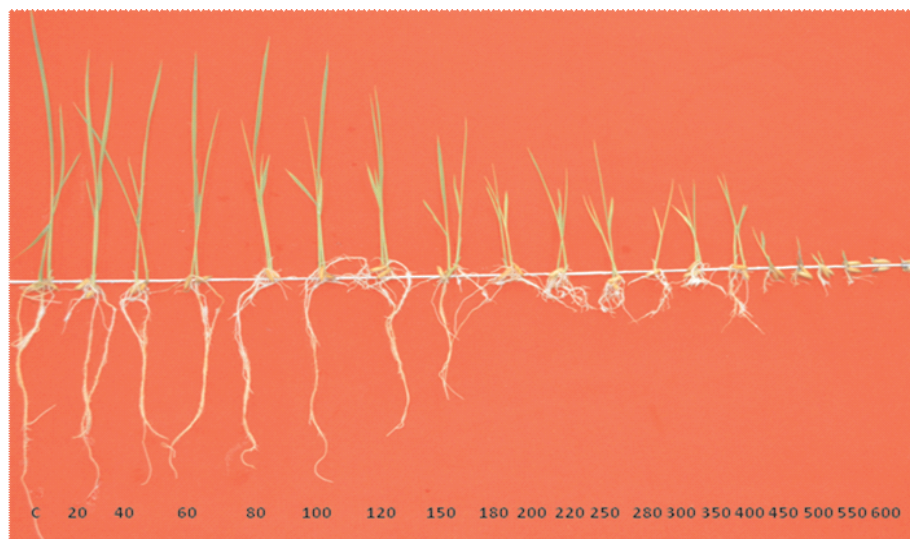
#### Effect of proton ion beam on rice seed germination

Lethal dose 50 (LD50) is a dose of radiation which kills 50% percent of viable seeds. Ld50 is considered to be an optimum dose which results higher frequency of mutations in crop plants. In the present investigation, the seeds of rice variety CSR27 were treated with twenty different doses of proton beam ranging between 0 – 600 Gy. Probit analysis was done using seed germination values to determine lethal dose (LD50). For probit analysis, doses were converted into log scale and were plotted against mortality percentage at different doses (Table 1). The LD50 value for proton beam was arrived at 173.7 Gy for rice variety CSR27. However, it

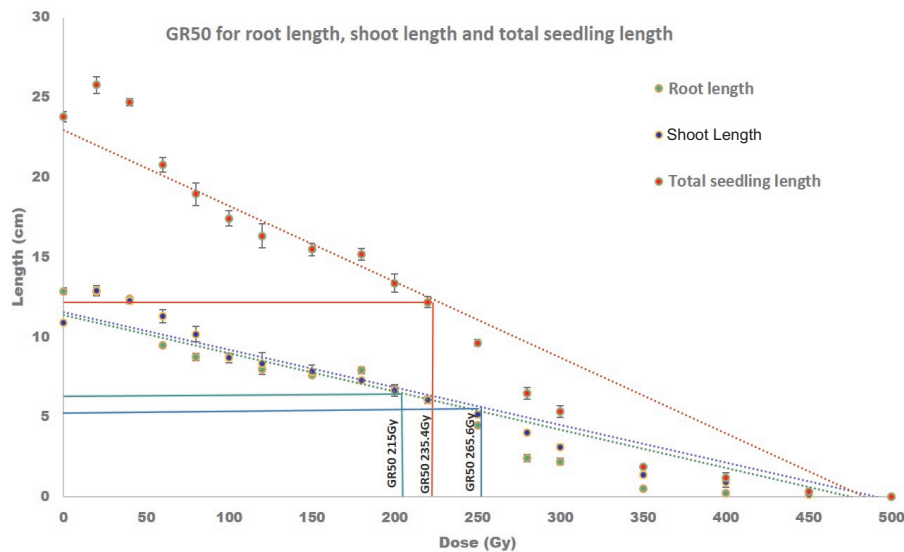
has been observed that radiation doses lesser than LD50 gives more economically useful mutations (eg., higher grain yield, fine grain, disease resistance etc). In rice, generally 60% survival of seedlings have been used as an effective dosage ranging from 150 to 300 Gy ([12], [13]). Lee [1] suggested close to 50% withering rate as a criterion to find out LD50 for proton beam in rice and found that the LD50 for rice variety Superjami 2 to be 395 Gy. This indicates that LD50 for proton beam varies with respect to specific radio-sensitivity of rice variety and we need to standardize the dose rate for different varieties before initiating mutation breeding.

#### Effect of proton ion beam on rice seedling growth

Dosage effect of ionizing radiation on various seedling parameters gives a more reliable estimate for mutation breeding experiment. The observation on seedling parameters viz., shoot length, root length, fresh weight of shoot and root, total seedling length and vigour index of irradiated rice exhibited a liner decrease in dose-response curve analysis (Fig. 3). Beyond proton



**Fig.3. Effect of proton beam irradiation on rice seedling growth at different doses (c: control: 20-600 values indicates proton beam dose rate in Gy)**



**Fig.4. GR50 values for root, shoot and total seedling length in variety CSR 27.**

beam dose of 450 Gy, there was a complete cessation of seedling growth with the lowest vigour index of 0.6. GR50 is the dose where 50% reduction in seedling parameter values take place compared to their respective control. It is calculated on the basis of formula derived from the liner regression line on the dose-response curve. GR50 values ranged from 181 Gy to 265.6 Gy for different rice seedling parameters (Fig. 4). Vigour index (germination% x total seedling length) is considered more reliable parameter for estimating GR50 for ionizing radiation in rice. In the present investigation, the GR50 for vigour index was 181 Gy, which is very close to LD50 value calculated based on probit values of germination percentage (173.7 Gy). The reduction of seedling growth after proton beam irradiation have been earlier explained on the basis of auxin destruction, changes in ascorbic acid content and physiological injury and biochemical disturbances in rice seedling [14]. Optimum dose determination for proton beam will help us to utilize proton ion beam for large scale rice mutation breeding programme.

### Proton ion beam induced herbicide tolerance

Ion beam is known to increase the frequency of mutation due to clustered DNA damage. Weeds are major problems in upland and direct seeded rice in different parts of India. Herbicide based weed control is an economic solution to combat weed problems in rice field. With an objective to increase the spectrum of mutations, CSR27 rice variety was irradiated with 180 Gy proton dose at BARC-TIFR Pelletron facility. The irradiated seeds were planted in M1 and subsequently planted to grow progeny in M2 generation at Gamma Field, Trombay, Mumbai. After 50 days of growth in the field, seedlings were sprayed with 3ml/L of broad-spectrum systemic herbicide 'glyphosate' (Glyphel). Screening of the seedlings were done after 20 days of spray for survivability of the seedlings. Eight putative mutants with tolerance to 'Glyphosate' (Glyphel) were identified (Fig. 5). Thus, proton ion beam will help to create novel genetic variability which will help rice breeder to enhance yield and induce climate resilience in future.



**Fig.5. Identification of putative herbicide resistant mutants in M2 generation of proton beam irradiated seeds of CSR27.**

### Conclusion

The present study revealed that the LD50 for CSR 27 rice is found to be 173.7 Gy dose of proton beam under laboratory conditions using probit values for germination %. GR50, being a more reliable attribute for mutagenesis experiments, was found to be 181 Gy, which is very close to LD50 value. This indicates proton beam dose of 170-180 Gy may be an optimum dose for irradiation of rice variety CSR27.

### Future prospects

Optimized proton beam dose may be utilized for launching a successful mutation breeding program in India. The initial success obtained with dose standardization and identification of novel mutants in rice varieties, CSR27 and IBD1, paves way for regular deployment of proton beam for the bulk irradiation of other varieties and for improvement of desired traits in other field crops. Similarly, optimization of proton irradiation for mutation induction in wheat is also being carried out. This could be of immense significance for obtaining desirable mutants without disturbing the major part of the genotypic or phenotypic architecture of crops.

**Corresponding author and email:**  
Dr. Bikram Kishore Das  
(bkdas@barc.gov.in)

#### Acknowledgement

Authors sincerely acknowledge BARC-TIFR Pelletron Accelerator facility, Mumbai, for providing proton beam for irradiation of seeds. Authors are thankful to Dr. V. P. Venugopalan (Associate Director (A), Bioscience Group & Head, NABTD, BARC) and Dr. A. K. Mohanty (Director, Physics Group, BARC) for their continuous support and guidance. Authors thank Shri Vikas and Shri Sudhakar Mali for assisting in proton beam experiments.

#### References

1. Lee Joohyun, A-Rim Lee, Soon-Wook Kwon, Effect of Proton Beam Irradiation on M1 Seeds and Seedling Growth in Rice, *Plant Breed. Biotech.*, 3, pp. 384-388, 2015.
2. A.P.K. Ling, Y.C. Ung, S. Hussein, A.R. Harun, A. Tanaka, H. Yoshihiro, Morphological and biochemical responses of *Oryza sativa* L. (cultivar MR219) to ion beam irradiation, *J. Zhejiang Univ - Sci B (Biomed & Biotechnol.)*, 14, pp. 1132-1143, 2013.
3. MVD (2016), Mutant variety database. <http://mvd.iaea.org/> (accessed on 12 May, 2017)
4. I. Kotaro, Y. Kazama, R. Morita, T. Hirano, T. Ikeda, S. Usuda, Y. Hayashi, S. Ohbu, R. Motoyama, Y. Nagamuraand, T. Abe, Linear Energy Transfer-Dependent Change in Rice Gene Expression Profile after Heavy-Ion Beam Irradiation, *PLoS One*, 11(2016), e0160061. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160061>
5. S.N. Chakrabarti, Mutation breeding in India with particular reference to PNR rice varieties, *Journal of Nuclear Agriculture & Biology*, 24, pp. 73-82, 1995.
6. James F. Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack, SRIM - The stopping and range of ions in matter, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 268, pp. 1818-1823, 2010.
7. S.S. Lee, J.H. Kim, S.B. Hong, S.H. Yun, Effect of humidification and hardening treatment on seed germination of rice, *Korean J. Crop Sci.*, 43, pp. 157-160, 1998.
8. A.K. Srivastava, S. Srivastava, S. Mishra, S.F. D'Souza, P. Suprasanna, Identification of redox-regulated components of arsenate (AsV) tolerance through thiourea supplementation in rice, *Metallomics*, 6, pp. 1718-1730, 2014.
9. O.P. Sheoran, D.S. Tonk, L.S. Kaushik, R.C. Hasija, R.S. Pannu, Statistical Software Package for Agricultural Research Workers. Recent Advances in information theory, *Statistics & Computer Applications* by D.S. Hooda & R.C. Hasija Department of Mathematis Statistics, CCS HAU, Hisar, pp. 139-143, 1998.
10. D.J. Finney, Probit analysis (3<sup>rd</sup> edition) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1971.
11. D.J. Finney, Statistical method in biological assay, Charles Griffin and Co., 1978.
12. J.N. Rutger, Impact of mutation breeding in rice -A review, *Mutat. Breed. Rev.*, 8, pp. 1-24, 1992.
13. M.T. Hallajian, A.A. Ebadi, M. Mohammadi, H. Muminjanov, S.S. Jamali, M. Aghamirzaei, Integration of mutation and conventional breeding approaches to develop new superior drought -tolerant plants in Rice (*ryza sativa* L), *Annual Research and Review in Biology*, 4, pp. 1173-1186, 2014.
14. K.K. Yusuf, P.M. Nair, Effect of gamma irradiation in indole acetic acid synthesizing system and its significance in sprout inhibition of potatoes, *Radiation Bot.*, 14, pp. 251-256, 1974.

# Development of Induction Levitation Melter

G. Sugilal, Shaji Karunakaran, Jyoti Jha, Shashi Kumar,  
M. H. Rao, C. P. Kaushik  
Nuclear Recycle Group

## Abstract

Achieving minimal contamination is an essential requirement for the development and characterization of new alloys. Induction levitation melting using water-cooled, segmented copper crucible is a successful technique to achieve this challenging task. Based on the expertise gained from the design, development and operation of induction skull melter, a vacuum Induction Levitation Melter (ILM) was developed in house for producing high purity metallic samples for material characterization. Using the present ILM, small quantities (~ 10 g) of electrically conducting materials can be melted and levitated. This melter can be used for the preparation of experimental quantities of novel high purity materials and special purpose alloys.

**Keywords:** Induction melting, Levitation melting, Skull melting

## Introduction

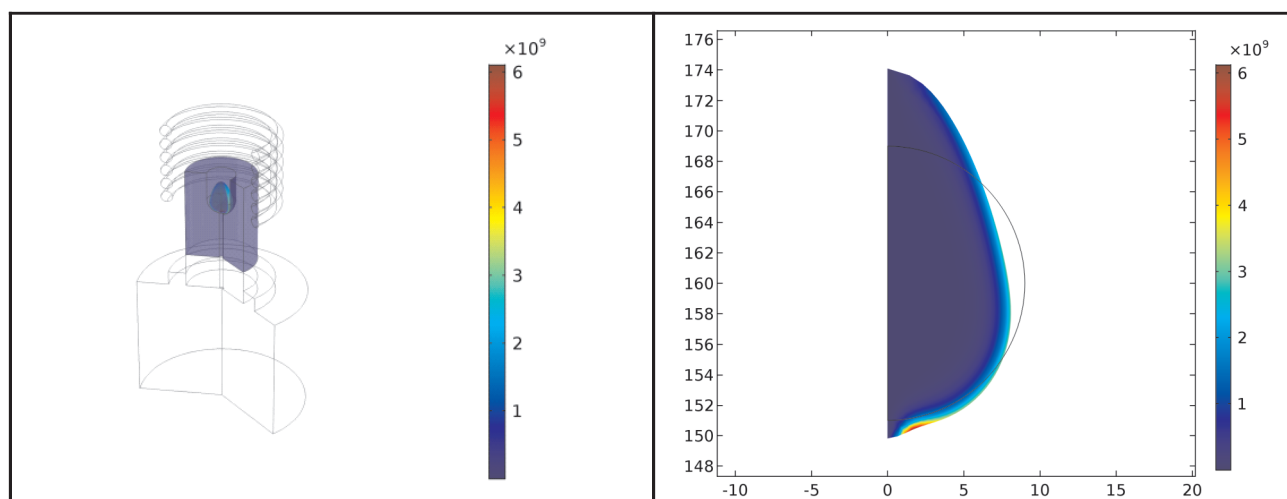
In the past BARC had indigenously developed Cold Crucible Induction Melting (CCIM) technology for high temperature glass melting applications [1]. Subsequently, Induction Skull Melting (ISM) technology was developed for extending CCIM technology for metal melting applications [2]. An engineering scale ISM Facility was successfully established for melting and homogenizing a variety of special alloys.

In induction skull melting, the Lorentz force caused by the electromagnetic field does not

levitate the melt completely. As a result, a solidified layer of the melt, known as skull, is formed where the melt is in contact with the cold wall of the segmented crucible. In induction levitation melting, the segmented crucible is provided with an appropriate profile from inside to generate adequate vertical component of the Lorentz force and to levitate the molten mass to avoid any contamination from the crucible through physical contact. The Lorentz force also results in strong churning action and thereby, a highly homogeneous melt. Thus, the induction levitation melting can be used to prepare ultrapure specimens with high homogeneity.

## Model-based Design

Design of the segmented crucible was carried out with the help of multi-physics simulation as various phenomena taking place during the induction levitation melting are interrelated and strongly coupled. Numerical simulations were carried out to finalize the crucible geometry and coil configuration. **Figs.1-3** present the distribution of induction heat, velocity and temperature in the levitated melt for the chosen configuration and operating parameters. The Lorentz force results in elongation of the melt and governs flow and thermal fields within it.



**Fig. 1.** Distribution of induction heat ( $W/m^3$ ) in the levitated melt for 1000 A, 200 kHz

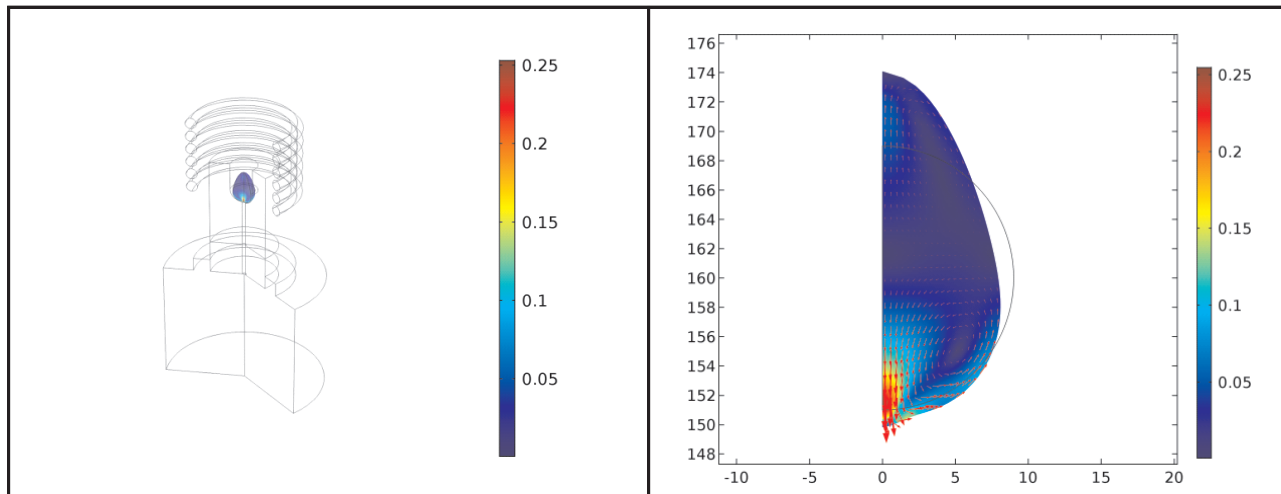


Fig. 2. Distribution of velocity (m/s) in the levitated melt for 1000 A, 200 kHz

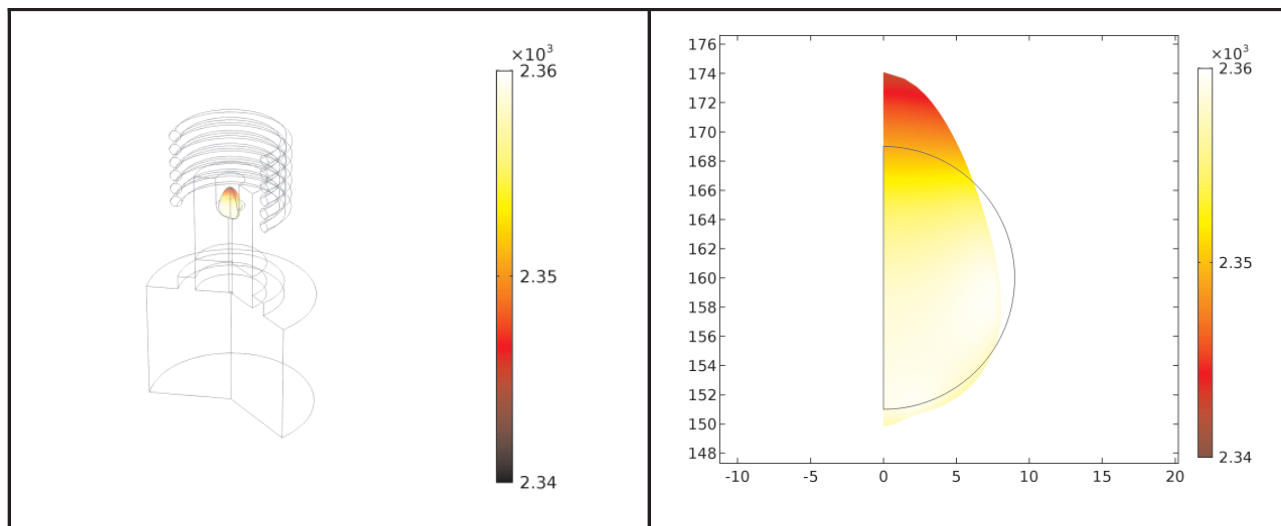


Fig. 3. Distribution of temperature (°C) in the levitated melt for 1000 A, 200 kHz



Fig. 4. Induction Levitation Melter (ILM) developed by NRG, BARC

### Induction Levitation Melter

Based on the model-based design, a portable laboratory scale Induction Levitation Melter (ILM) comprising a water-cooled segmented copper crucible, an induction heating power supply unit, a cooling water recirculation loop and a vacuum pump was developed by Nuclear Recycle Group (NRG), BARC (see Fig. 4).

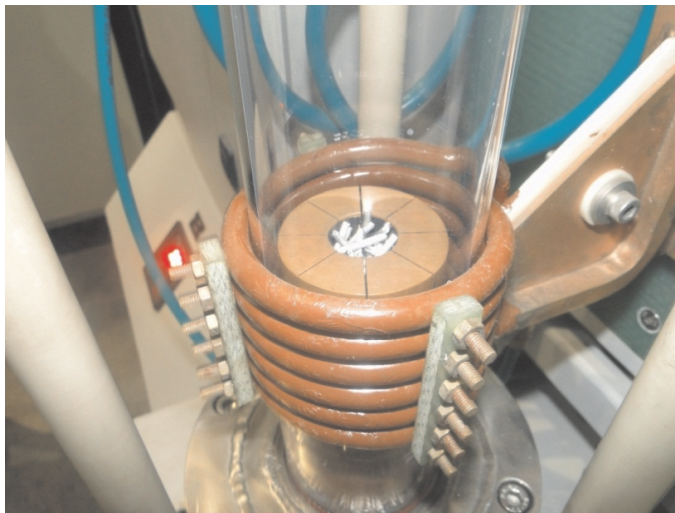
The segmented crucible is designed to levitate electrically conducting melt of 10 g. The ILM is powered using a 20 kW, MOSFET-based induction heating unit with an operating frequency of ~ 170 kHz. The inverter is designed for a maximum output voltage of 1000 V.

### Segmented Copper Crucible

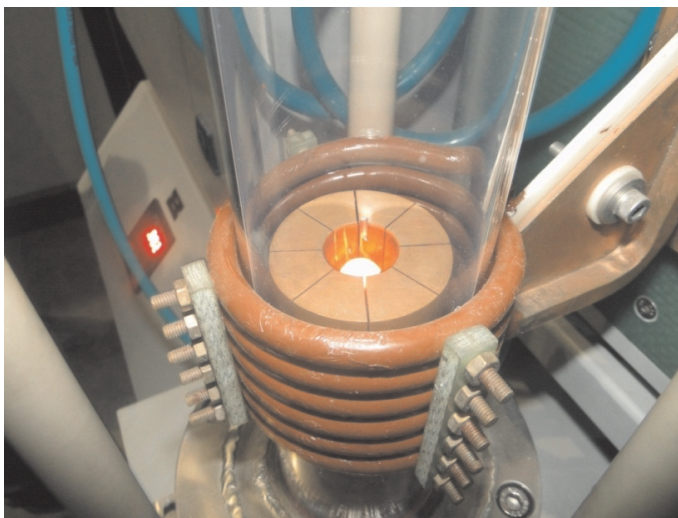
The segmented crucible has 8 water-cooled fingers, which are arranged to form a cavity with 20 mm inside diameter (see Fig. 5). The copper crucible is made of ETP Copper and fabricated from a single extruded ingot. The crucible is housed inside a quartz tube for maintaining adequate vacuum ( $10^{-3}$  mbar) using a rotary vacuum pump. The segmented copper crucible is internally water-cooled.

### Melting Experiments

The ILM was operated to melt and homogenize a variety of metals and alloys during the developmental phase. The charge to be melted is placed inside the cavity of the segmented crucible and the quartz



**Fig. 5. Segmented copper crucible of the Induction Levitation Melter**



**Fig. 6. Induction levitation melting of ~ 10 g metallic sample**



**Fig. 7. Specimens of different metallic samples produced using ILM**

tube is evacuated to  $10^{-3}$  mbar. Subsequently high purity argon gas is used for repeated flushing. Finally the melting operation is carried out under a vacuum of  $10^{-3}$  mbar. **Fig. 6** shows induction levitation melting of 10 g metallic sample and **Fig. 7** shows some of the specimens of different metallic samples produced using ILM. Subsequently melting

experiments were carried out to produce specimens of (i) Ni – Ti – Fe alloy, (ii) Zr – Cu alloy, (iii) Ti – Al – V alloy and (iv) Zr – Nb alloy.

User feedback confirmed excellent homogenization of the alloy constituents and utility of the equipment for development of novel alloys on a laboratory scale.

### Summary

Induction levitation melting using water-cooled, segmented copper crucible is a successful technique to achieve minimal contamination while preparing specimens for the development and characterization of new alloys. A portable vacuum Induction Levitation Melter was developed by Nuclear Recycle Group for producing small quantities (10 g) of high purity metallic samples for material characterization. The present ILM was used to produce specimens of different alloys. Efforts are in progress to build an ILM with a higher capacity (50 g).

### Acknowledgements

Authors are grateful to Shri K. Agarwal, former Director, Nuclear Recycle Group for his constant support towards the development of ILM technology. Authors sincerely acknowledge the technical contributions of Shri B. R. Meena, Shri D. D. Pawar, Shri W. Mahendra, Shri V. G. Karande, Shri N. V. Jadav, Smt. P. Abhilasha and Smt. S. Deolekar during the installation, commissioning and operation of the Induction Levitation Melter.

**Corresponding author and email:**  
Dr. G. Sugilal (gsugilal@barc.gov.in)

### References

1. G. Sugilal, P. B. Segar, S. D. Misra, Cold Crucible Induction Melter: Technology Development for HLW Vitrification, BARC Newsletter, Jan., pp.14 – 22, 2007.
2. G. Sugilal, Shashi Kumar, M. H. Rao, J. Jha, K. Banerjee, G. K. Dey, Development of Induction Skull Melting Technology, BARC Newsletter, Nov. – Dec., pp.51 – 55, 2015.



## उन्नत जन-जुड़ाव एवं नतीजे

नलिनीश नगाइच, मानव संसाधन, एनपीसीआईएल

उमेद यादव, निगम योजना एवं निगम संचार, एनपीसीआईएल

### पृष्ठभूमि

वर्तमान परिप्रेक्ष्य में विद्युत की आवश्यकता से हर एक जन परिचित है। विद्युत जीवन का अनिवार्य अंश हो चुका है और किसी भी प्रकार की प्रगति / उन्नति इसके बैगैर सोचना संभव ही नहीं लगता। किसी समाज या राष्ट्र के किसी समूह की खुशहाली मापने का एक पैमाना यह है कि उस समूह में प्रति व्यक्ति बिजली की खपत कितनी है। इसका निहितार्थ यह है कि जितना अधिक बिजली खर्च की जा रही है, जीवन की गुणवत्ता उतनी ही बेहतर है। अतएव, बिजली आवश्यकता को उपलब्ध संसाधनों की सहायता से व्यवहार्य रीति से पूरा किया जाना ही समय की मांग है। किंतु, इस आवश्यकता की पूर्ति करते समय यह सुनिश्चित करना आवश्यक है कि ऊर्जा सम्मिश्र में हरित एवं स्वच्छ विद्युत का उचित रूप से समावेशन किया जाए ताकि वैश्विक तापमान वृद्धि की समस्या पर अंकुश लगाया जा सके। भारत भी अपनी विद्युत आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए ऊर्जा सम्मिश्र की नीति का अनुसरण करता है जिसमें न्यूक्लियर विद्युत की अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका है।

न्यूक्लियर विद्युत प्रौद्योगिकी, विकारबनीकरण (decarbonisation) का एक महत्वपूर्ण स्रोत है, इसके साथ-साथ यह स्वच्छ, पर्यावरण हितैषी व बेस लोड विद्युत हेतु प्रमुख उत्पादन स्रोत भी है, जो चौबीसो घंटे उपलब्ध है। अतएव, न्यूक्लियर ऊर्जा एक व्यवहार्य एवं हरित स्रोत है जो मौसम परिवर्तन की आशंकाओं को कम करने में सहायक है। निकट भविष्य व माध्यमिक काल में न्यूक्लियर विद्युत की भूमिका अन्य स्रोतों से प्राप्त विद्युत की आपूर्ति में सहायता प्रदान करने तथा दीर्घकाल में विद्युत उत्पादन के लिए थोरियम के विशाल भंडार का उपयोग करने की है।

तदनुसार, न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (एनपीसीआईएल) जो कि, परमाणु ऊर्जा विभाग (डीएई) का एक संघटक है, स्वदेशी दाबित भारी पानी रिपक्टरों (PHWRs) एवं विदेशी सहयोग से स्थापित किए जाने वाले साधारण जल

रिपक्टरों (LWRs), दोनों प्रकार की प्रौद्योगिकी के आधार पर न्यूक्लियर विद्युत रिपक्टरों की स्थापना के विस्तार संबंधी कार्य कर रहा है।

वर्तमान में, देश में कुल ६७८० मेगावाट क्षमता के २२ रिपक्टर प्रचालनरत (डीएई के स्वामित्व वाली आरएपीएस इकाई-१, १०० मेगावाट क्षमता सहित) हैं। कुल ६७०० मेगावाट क्षमता वाले नौ अन्य रिपक्टर निर्माण की विभिन्न अवस्थाओं में (५०० मेगावाट क्षमता वाले भाविनि के पीएफबीआर सहित) हैं। देश में अधिक न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों (अन्य हरित ऊर्जा प्रौद्योगिकियों के साथ-साथ) की स्थापना के निश्चय से सरकार ने हरित ऊर्जा स्रोतों के प्रति अपनी प्राथमिकता स्पष्ट कर दी है। इसी क्रम में, बारह अन्य न्यूक्लियर विद्युत रिपक्टरों के लिए सरकार द्वारा प्रशासनिक अनुमोदन एवं वित्तीय संस्वीकृति प्राप्त हो चुकी है और इस संबंध में परियोजना पूर्व कार्यकलाप प्रारंभ किए जा चुके हैं। वर्ष २०३१ तक इन परियोजनाओं के क्रमशः पूरा होने के माध्यम से देश की संस्थापित न्यूक्लियर विद्युत क्षमता २२४८० मेगावाट हो जाएगी।

संधारणीय एवं समवेशी उन्नति के लिए हमें ऊर्जा के सभी स्रोतों का दोहन करने की आवश्यकता है। स्वदेशी प्रयासों की सहायता से पूर्ण न्यूक्लियर ईंधन चक्र की विशेषज्ञता हासिल करने के बाद, भारत अगले कुछ दशकों में न्यूक्लियर ऊर्जा की पूर्ण संभावनाओं का उपयोग करते हुए देश की बढ़ती बिजली मांग को पूरा करने में प्रमुख योगदान के लिए तैयार है। इस लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए, हमारे जैसे विशाल प्रजातांत्रिक देश में समाज के सभी वर्गों का पूर्ण विश्वास प्राप्त किया जाना आवश्यक है।

न्यूक्लियर विद्युत के सन्दर्भ में, समाज के कुछ वर्गों में भ्रांतियां हैं। अक्सर न्यूक्लियर विद्युत के प्रति विपरीत विचार रखने वाले लोग अपने स्वार्थ हेतु इस भय को हवा देते रहते हैं।

न्यूक्लियर विद्युत उत्पादन के विभिन्न चरणों के बारे में भ्रांतियों एवं अपुष्ट सूचनाओं के कारण उत्पन्न अविश्वास विद्युत उत्पादन के विभिन्न तरीकों के

स्वस्थ सम्मिश्र में न्यूक्लियर विद्युत की भागीदारी की एक बड़ी बाधा है। इसका एक कारण यह है कि आम जन न्यूक्लियर ऊर्जा को विनाशकारी क्षमताओं (जापान में परमाणु बम विस्फोट) के वजह से ज्यादा जानता है परन्तु इसके अनेक अच्छे उपयोगी पहलुओं जैसे - विकास, स्वास्थ्य और दिनचर्या में उपयोग होने वाली अनेक चीजों से पूरी तरह परिचित नहीं है।

हम जानते हैं कि किसी उद्योग को स्थापित होने, प्रचालित होने और अपना सर्वश्रेष्ठ उत्पादन प्रदान करने में आम लोगों की राय अत्यंत महत्वपूर्ण होती है। न्यूक्लियर विद्युत भी इसका अपवाद नहीं है। हमें, आम जनता के साथ ही न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के निकटवर्ती क्षेत्रों की आबादी का समर्थन प्राप्त करने की आवश्यकता होती है। जहां एक ओर स्थानीय समुदाय संबंधित संयंत्रों के लिए अनुकूल वातावरण का सृजन करने में सहायक होते हैं वहीं दूसरी ओर आम जनता न्यूक्लियर ऊर्जा के संबंध में राष्ट्रीय नीतियों व निर्णयों को प्रभावित करती है।

न्यूक्लियर विद्युत कार्यक्रम के सुगम एवं सफल कार्यान्वयन के लिए न्यूक्लियर विद्युत के बारे में जागरूकता, इससे संबंधित अन्य पहलुओं व आम जन की शंकाओं का निर्मूलन आवश्यक है। इस दिशा में, एनपीसीआईएल ने न्यूक्लियर विद्युत के बारे में जागरूकता संवर्धन एवं निकटवर्ती क्षेत्रों के लोगों में न्यूक्लियर विद्युत के बारे में फैली भ्रांतियों को विश्वसनीय रीति से दूर करने के लिए बहुल माध्यम संपर्क के जरिए जागरूकता फैलाने हेतु बहु-स्तरीय कार्यक्रम लागू किया है। यह आलेख, इन कार्यों के लिए अपनाई जाने वाली विधि एवं अपनाए गए विभिन्न उपायों व उनके परिणामों पर संक्षिप्त प्रकाश डालता है।

### जन जुड़ाव एनपीसीआईएल में

एनपीसीआईएल लंबे समय से जन जागरूकता गतिविधियां आयोजित करता रहा है। फिर भी फुकुशिमा के बाद इसने इस क्षेत्र में अपनी गति कई गुना बढ़ा दी है। मार्च 2011 में जापान में हुई

फुकुशिमा दुर्घटना में न्यूक्लियर ऊर्जा के बारे में देश के लोगों में बहुत तेज गति से चिंता उत्पन्न कर दी थी। यह चिंताएं प्रमुख रूप से न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों की संरक्षा, विकिरण इत्यादि के बारे में थी। घटना के तुरंत बाद देश में प्रचालनरत एवं निर्माणाधीन न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों की संरक्षा को एनपीसीआईएल के कार्य बलों तथा परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद की एक विशेषज्ञ समिति द्वारा पुनरीक्षित किया गया। इन समितियों ने पाया कि भारतीय विद्युत संयंत्र सुरक्षित हैं तथा इनके डिजाइन में ऐसी विशेषताएं और संभावनाएं मौजूद हैं जो गंभीर प्राकृतिक घटनाओं जैसे भूकंप और सुनामी को सहन कर सकें।

समीक्षा की इन रिपोर्टों को सार्वजनिक रूप से एनपीसीआईएल/परमाणु ऊर्जा विभाग तथा परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद की वेबसाइट पर डाला गया। इसे गहन रूप से प्रेस एवं मीडिया को दी जाने वाली जानकारी के माध्यम से पुनः सुदृढ़ किया गया। भ्रांतियों को संरचनागत रूप से मिटाने के लिए एक बहुआयामी दृष्टिकोण अपनाते हुए न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के स्थलों के आसपास जन जुड़ाव गतिविधियों को कई गुना बढ़ा दिया गया। इन अभियानों को देश के अन्य हिस्सों में भी चलाया गया। एनपीसीआईएल ने एक बहुमुखी जन जुड़ाव कार्यक्रम अपनाया, जिसमें खुले पन और पारदर्शिता की भावना को शामिल किया गया।

स्पष्ट उद्देश्यों एवं समय-सीमा के साथ एक कार्य योजना विकसित कर कार्यान्वित की गई जिसमें पुनरीक्षण एवं मॉनीटरिंग तंत्र भी शामिल है।

इसमें कोई दो राय नहीं कि न्यूक्लियर विद्युत की संधारणीयता हेतु जन-स्वीकृति महत्वपूर्ण है। अतः, भूकंप, सुनामी, विकिरण, कैंसर, ताप पारिस्थितिकी, जैव-विविधता इत्यादि के विरुद्ध संरक्षा सुनिश्चित करने हेतु डिजाइन में विशिष्टताओं/प्रावधानों सहित न्यूक्लियर विद्युत संरक्षा के विभिन्न पहलुओं पर जन जुड़ाव गतिविधियों का आयोजन किया जा रहा है, ताकि बहुमुखी एवं अभिनव दृष्टिकोण को अपनाते हुए शंकाओं का समाधान किया जा सके।

फुकुशिमा दुर्घटना से पूर्व जन-जुड़ाव कार्यक्रम साधारण थे। परंतु, फुकुशिमा दुर्घटना ने विश्वभर में विभिन्न स्तरों पर लोक-चिंताओं को उत्पन्न किया एवं बढ़ा दिया, और हमारा देश भी प्रभावित हुआ। तूल

पकड़ने वाले मुख्य मुद्दे थे :

- न्यूक्लियर संयंत्रों की संरक्षा
  - संयंत्र से विकिरण के कारण स्वास्थ्य पर प्रभाव-कैंसर, ऊसरता एवं जन्मजात अपसामान्यताएं
  - पारंपरिक जीविकोपार्जन जैसे मत्स्यपालन, कृषि इत्यादि का नुकसान
  - पर्यावरणीय चिंताएं जैसे जैव-विविधता का नुकसान
  - वैचारिक भिन्नता वाले समूहों द्वारा गलत सूचना परिणामस्वरूप, फुकुशिमा के पश्चात जन-जुड़ाव कार्यक्रम के संपूर्ण दृष्टिकोण ने इसकी पुनः संरचना, संस्थागत और इसके पैमाने को कई गुना विस्तार दिया।
- संपूर्ण रणनीति में परिवर्तन समय की मांग थी। इसके लिए आवश्यक था कि जन-जुड़ाव को एक महत्वपूर्ण क्षेत्र माना जाए और प्रत्येक कार्मिक इसके लिए उत्तरदायी हो। इसे ध्यान में रखते हुए निम्नलिखित उपाय किए गए:
- संगठनात्मक संरचनागत कार्यों को बहु स्तरों पर स्थापित किया गया
  - मुख्यालय में उच्च स्तरीय समिति गठित की गई
  - सभी स्थलों पर जन जागरूकता समितियां गठित की गई
  - स्पष्ट भूमिकाओं एवं उत्तरदायित्व सहित दिशा निर्देश एवं प्रक्रियाएं तैयार कर कार्यान्वित की गई
  - प्रभावशीलता में वृद्धि करने के लिए वरिष्ठ प्रबंधन की प्रतिभागिता को प्रोत्साहित किया गया
  - अल्प, मध्यम एवं दीर्घ अवधि के आधार पर कार्य योजना बनाई गई
  - महत्वपूर्ण क्षेत्रों एवं संसाधनों को चिन्हित किया गया
  - व्यावसायिक एजेंसियों के साथ साझेदारी की गई
  - स्थायी रूप से क्षमता सृजन को प्राथमिकता दी गई
  - संपूर्ण जन जागरूकता प्रक्रिया हेतु बहुमुखी दृष्टिकोण अपनाया गया
  - संप्रेषण में नवीन उपायों के प्रयास किए गए तथा आसान और प्राथमिक तौर पर प्रादेशिक भाषाओं को प्रोत्साहित किया गया
  - पर्यावरण परिचर्या कार्यक्रम को नई मजबूती

प्रदान की गई

- आस-पड़ोस को शामिल करने की संभावनाएं एवं तीव्रता में वृद्धि की गई
  - समयबद्ध रूप से सुधारात्मक कार्रवाई करने हेतु मॉनीटरिंग, प्रतिक्रिया आकलन एवं सुधारात्मक तंत्र स्थापित किया गया
- जन जागरूकता का समग्र उद्देश्य देश के नागरिकों तक पहुंचना था। तथापि, प्रारंभिक रूप से निम्नलिखित क्षेत्रों में प्रयास किए गए:
- न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के आसपास रहने वाले लोग
  - विद्यार्थी एवं शिक्षकगण, नीति निर्माता जैसे कि विधायक, सरकारी अधिकारीगण, इत्यादि
  - मत प्रवर्तक एवं अन्य रसूखदार लोग
    - प्रेस एवं मीडिया
    - जन प्रतिनिधि एवं सामुदायिक नेता
    - चिकित्सक एवं शिक्षाविद
    - कर्मचारी एवं उनके परिजन
  - विभिन्न उद्योग, शिक्षण एवं अन्य संबंधित संस्थान
- रीतिबद्ध कार्य संरचना एवं बहुआयामी दृष्टिकोण:**
- जन जुड़ाव की प्रक्रिया को संस्थागत करने के प्रयास में स्थायी रूप से क्षमता निर्माण पर बल दिया गया। इस संबंध में किए गए कुछ उपाय निम्नवत हैं:
- स्थायी प्रदर्शनियों की स्थापना:
  - 'हॉल ऑफ न्यूक्लियर पावर' मुंबई, चेन्नई एवं दिल्ली में स्थापित। न्यूक्लियर ऊर्जा के विभिन्न पहलुओं पर एक उच्च स्वचालित एवं पारस्परिक चर्चा वाला शैक्षणिक मंच।
  - जयपुर, भुवनेश्वर एवं अन्य शहरों में ऊपर लिखित जैसे हॉल की योजना
  - सभी न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र स्थलों पर सूचना केंद्र
  - लघु दीर्घाओं की स्थापना
  - विभिन्न जिला विज्ञान केंद्रों में मॉडल उपलब्ध कराना
  - मानव संसाधन को संबोधित करना
  - जन जागरूकता गतिविधियों हेतु ४०० से अधिक स्रोतयुक्त व्यक्तियों का प्रशिक्षण एवं विकास
  - विशेषज्ञ वक्ता द्वारा मीडिया विचार-विमर्श हेतु वरिष्ठ अधिकारियों को प्रशिक्षण

समाज के विभिन्न वर्गों के लिए उपयुक्त कार्यक्रमों का समावेश करते हुए एक संरचनागत योजना बनाकर कार्यान्वित की गई है। मीडिया से संबंधित ध्यान देने योग्य पहलू निम्नलिखित रहे,

- विश्वास का प्रादुर्भाव
  - बेहतर संबंध
  - वरिष्ठ प्रबंधन की भागीदारी
  - स्थल भ्रमण का प्रबंध करना एवं कार्यशालाओं का आयोजन करना
  - प्रेस विज्ञप्तियाँ एवं आवधिक रूप से सूचना संप्रेषण
  - आवश्यकतानुसार आलेख जारी करना एवं प्रतिक्रिया
  - कैंसर विशेषज्ञों, स्थलों से पर्यावरण सर्वेक्षण प्रयोगशाला अधिकारियों, महामारी अध्ययन विशेषज्ञों के दल द्वारा विकिरण व कैंसर के संबंध में भ्रातियों को दूर करने के लिए वैज्ञानिक सम्मेलन व कार्यक्रम आयोजित करना
  - मीडिया रिपोर्ट के विश्लेषण के लिए न्यूज आलेख संग्रह प्रणाली
- इसी प्रकार, आम जनता के लिए बहु-आयामी क्रियाविधि के कार्यान्वयन से संबंधित मुख्य पहलुओं में शामिल हैं:
- उपयुक्त सूचना/शिक्षा सामग्री का निर्माण व वितरण, जैसे
  - सरल क्षेत्रीय भाषा में न्यूक्लियर विद्युत के विभिन्न पहलुओं पर एकल पत्रक
  - टीवी कॉमर्सियल
  - एफएम रेडियो पर रिडियो जिंगल्स
  - डिजिटल मीडिया – सिनेमा व केबल टीवी
  - कॉमिक पुस्तकें
  - लघु फिल्में
  - एनीमेशन फिल्में
  - डॉक्युमेंटरी फिल्में
  - प्रकाशन – कई भाषाओं में पुस्तकें
  - न्यूक्लियर विद्युत पर विभिन्न स्थानों पर प्रदर्शनी
  - देश भर के विद्यालयों एवं महाविद्यालयों में सत्र, व्याख्यान एवं प्रस्तुतीकरण
  - विभिन्न वर्गों जैसे ग्रामीणों, छात्रों, नीति-निर्माताओं व विचारकों और जन-साधारण को

समाविष्ट करते हुए स्थल भ्रमण में बढ़ोतरी

- चिकित्सकों, पैरामेडिकल व सुरक्षा कार्मिकों के लिए कार्यशाला
- आज की संचार प्रणालियों के अनुरूप वेब सेवाओं सहित जन संपर्क संबंधी उपाय भी किए गए जिनमें मुख्य हैं:
- एनपीसीआईएल वेबसाइट पर नाभिकीय ऊर्जा से संबंधित विस्तृत जानकारी अपलोड करना
  - सूचना और व्याख्यान प्रस्तुतीकरण पर नियमित रूप से अद्यतन जानकारी सुनिश्चित करना
  - वेब लिंक का निर्माण करते हुए आम जनता को सक्षम बनाना कि वे अपनी पसंद के न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र में भ्रमण कर सकें
  - निम्नलिखित के माध्यम से सामाजिक मीडिया में अपनी उपस्थिति दर्ज कराना,
  - न्यूक्लियर मिल फाउंडेशन (एनएफएफ)
  - ब्लॉग एवं आलेख

#### नवप्रवर्तनकारी विधियाँ :

जन-साधारण से संपर्क के परंपरागत और विविध उपायों के अतिरिक्त कई नवप्रवर्तनकारी विधियों को अपनाया गया ताकि समग्र रूप से जन-जागरूकता कार्यक्रमलाप के कार्य-क्षेत्र, आयाम और प्रभावकारिता में बढ़ोतरी की जा सके। इनमें से कुछ उपाय निम्नलिखित हैं:

- लोक कला व मीडिया का उपयोग, क्षेत्रीय भाषाओं में नुक्कड़ नाटकों का आयोजन
- कृषक एकीकरण कार्यक्रम (एफआईपी) का आयोजन
- युवा छात्रों के लिए शिक्षा में समाचार-पत्र (एनआईई) का प्रारंभ
- आने वाले मीडिया पेशेवरों के लिए मीडिया छात्र अनुकूलन कार्यक्रम (एमएसएपी)
- ग्रामीण क्षेत्रों में चलित बस प्रदर्शनी के माध्यम से बृहद क्षेत्र को समाविष्ट करते हुए चल-प्रदर्शनी (एकजीबीशन ऑन व्हील्स)

#### पर्यावरण परिचर्या कार्यक्रम (ईएसपी)- एड ऑन :

एनपीसीआईएल ने एक स्वैच्छिक पर्यावरण परिचर्या कार्यक्रम (ईएसपी) प्रारंभ किया है जो न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के अपवर्जन क्षेत्र में और उसके आसपास पाई जाने वाली जैव-विविधता, विशेष रूप से नभचर के वैज्ञानिक अध्ययन पर केंद्रित है। यह

कार्यक्रम आवास संवर्धन और स्वस्थ पर्यावरण के महत्व पर जागरूकता को प्रोत्साहित करता है और इस कार्य के लिए बीएनएचएस, आईबीसीएन, नेचर क्लब इत्यादि से जुड़ा हुआ है। ईएसपी के कुछ मुख्य अंश इस प्रकार हैं:

- न्यूक्लीयर पावर प्लांट (एनपीपी) अपवर्जन क्षेत्र में पौधों और प्राणियों के अभिलेखन, संरक्षण और संवर्धन के लिए एकल कार्यक्रम
- विशेषज्ञ संवर्धन एजेंसियों, गैर सरकारी संगठनों एवं क्षेत्रीय प्रकृति क्लबों के साथ इसे कार्यान्वित करना
- पक्षी मैराथन जैसे कार्यक्रमों को आवधिक आधार पर आयोजित करना
- तितली उद्यानों, कच्छप नर्सरी एवं गिद्ध रेस्तारं इत्यादि स्थापित करना
- कॉफी टेबल पुस्तकों के रूप में कई पुरस्कृत प्रकाशन



#### निकटवर्ती क्षेत्रों का विकास :

एनपीसीआईएल ने अपनी स्थापनाओं के आसपास रहने वाली आबादी के हितार्थ कई पहल की हैं ताकि निगम सामाजिक उत्तरदायित्व (सीएसआर) के भाग के रूप में समावेशी विकास सुनिश्चित किया जा सके। कौशल विकास सहित शिक्षा, स्वास्थ्य, आधारभूत संरचनात्मक विकास और स्वच्छता (स्वच्छ भारत अभियान) जैसे क्षेत्रों में मुख्य रूप से कई सामाजिक कल्याणकारी योजनाओं को कार्यान्वित किया गया है। मौजूदा प्रचालनरत स्थलों के आसपास किए गए सीएसआर कार्यक्रमलापों के अतिरिक्त नए हरित स्थलों, जहाँ परियोजनाएँ निर्माणाधीन हैं, के आसपास भी परियोजना-पूर्व कार्यकलाप प्रगति पर हैं।



**मॉनीटरन व्यवस्था :**

किसी कार्यक्रम की प्रभावकारिता के आकलन के लिए आवश्यक है कि समुचित मॉनीटरन और फीडबैक व्यवस्था की गई हो। इससे आवश्यक सुधारक कार्रवाई का समयबद्ध निष्पादन सुनिश्चित करना संभव हो पाता है। तदनुसार, जन संपर्क व्यवस्था के अभिन्न अंग के रूप में एक आंतरिक आकलन व्यवस्था प्रारंभ की गई जिसके मुख्य बिंदु निम्नलिखित हैं:

- कार्यक्रमों, उन पर किए गए खर्च और उनकी प्रभावकारिता की बहु-स्तरीय मॉनीटरन एवं उनकी रिपोर्ट
- सरकार में उच्चतम स्तर पर मासिक रिपोर्ट
- समाचार आलेख संग्रहण प्रणाली का विश्लेषण एवं रिपोर्ट
- ऑफलाइन एवं ऑनलाइन फीडबैक का विश्लेषण

**उत्कृष्ट पद्धतियाँ एवं सक्षमता :**

किए गए सभी प्रयासों के साथ-साथ हमारा उद्देश्य मुख्यतः जन संपर्क कार्यक्रमों का निरंतर विस्तार, सुधार और नव-प्रवर्तन करना है ताकि न्यूक्लियर विद्युत पर राय बनाने के लिए देश के नागरिकों को सशक्त बनाया जा सके। इस कार्यक्रम की उत्कृष्ट पद्धतियों और सक्षमताओं का सारांश निम्नलिखित के रूप में किया जा सकता है:

- सर्वोच्च प्राथमिकता देना, वरिष्ठ प्रबंधन की प्रतिभागिता
- जन संपर्क को क्रॉस फंक्शनल क्षेत्र के रूप में समझा जाना
- संरचनागत संगठनात्मक ढांचा, डिजाइन, कार्यान्वयन, मॉनीटरन और रिपोर्टिंग के लिए

**गहन व्यवस्था**

- क्षमता संवर्धन, संधारणीयता सुनिश्चित करना
- पेशेवर एजेंसियों के साथ प्रतिभागिता
- बहु-आयामी क्रियाविधि
- नव-प्रवर्तन

**पुरस्कार एवं सम्मान :**

किए गए प्रयासों के अनुभवों को ध्यान में रखते हुए, राजस्थान परमाणु बिजलीघर, इकाई-३ व ४ की आईईए ओसार्ट समीक्षा के दौरान, आईईए समीक्षा टीम ने जन संपर्क क्रियाविधि को उत्कृष्ट पद्धति माना है और निम्नलिखित टिप्पणियाँ की हैं:

“परमाणु बिजलीघर का जन-जागरूकता कार्यक्रम क्षेत्रीय समुदाय को न्यूक्लियर व विकिरण सुरक्षा के बारे में शैक्षिक अवसर प्रदान करता है।”

देश की जनता तक पहुँचने के प्रयासों को कई राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय पुरस्कारों से सम्मानित किया गया है। इनमें से कुछ इस प्रकार हैं:

- सर्वोत्तम संचार अभियान-2013 हेतु पब्लिक रिलेशन्स सोसाइटी ऑफ इंडिया (पीआरएसआई) राष्ट्रीय पुरस्कार
- सर्वोत्तम जन-जागरूकता कार्यक्रम श्रेणी में पीआरएसआई द्वितीय पुरस्कार- 2014
- सर्वोत्तम कॉफी टेबल पुस्तक श्रेणी में पीआरएसआई प्रथम पुरस्कार - 2014
- सर्वोत्तम जन-जागरूकता कार्यक्रम श्रेणी में पीआरएसआई पुरस्कार- 2016
- सर्वोत्तम संचार अभियान (बाह्य जनता) हेतु पीआरएसआई राष्ट्रीय पुरस्कार-2016
- 57वां एबीसीआई राष्ट्रीय पुरस्कार “फ्लायर्स

**ऑफ अवर कोर्टयाईस”**

- आईआईटीएफ - 2017 में रजत पदक
- “फ्लायर्स ऑफ अवर कोर्टयाईस” और “एटम ऑन व्हील” के लिए पीआरएसआई राष्ट्रीय पुरस्कार-२०१७
- इंडिकॉम सम्मेलन में “एटम ऑन व्हील्स” ने प्रतिष्ठा पुरस्कार २०१७ प्राप्त किया
- एटमएक्सपो अंतरराष्ट्रीय पुरस्कार-२०१८ – अखिल विश्व का सर्वोत्तम संचार अभियान

**परिणाम :**

इस विस्तृत कार्यक्रम के परिणाम का सारांश निम्नानुसार किया जा सकता है:

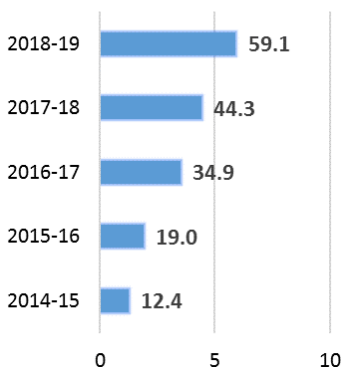
- न्यूक्लियर विद्युत के बारे में गहन जन-जागरूकता कार्यक्रम संचालित करना
- फुकूशिमा के पश्चात लोगों की शंकाओं/प्रश्नों का समाधान
- पॉलिसी निर्माताओं द्वारा न्यूक्लियर विद्युत को बृहद महत्व देना
- नई न्यूक्लियर विद्युत परियोजनाओं के लिए मंजूरी मिलना
- आगामी न्यूक्लियर विद्युत परियोजनाओं के लिए भूमि अर्जन
- न्यूक्लियर उपलब्धियों को मीडिया में भरपूर स्थान मिलना
- शंकाओं के कवरेज में खासी गिरावट
- न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के प्रति किए जाने वाले विरोध में कमी

इन प्रयासों के माध्यम से जनता तक पहुँच में खासी वृद्धि हुई है, जिसे निम्नलिखित रूप में दर्शाया गया है:

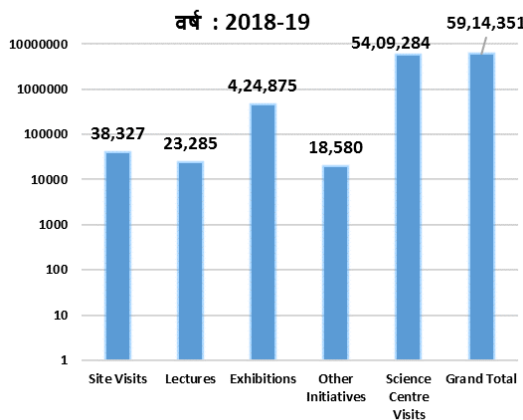
किए गए प्रयास और जनता की प्रतिक्रिया उपर्युक्त चित्र में प्रदर्शित हैं, हालांकि यह यात्रा समाप्त नहीं हुई है और पूरे उत्साह एवं जिम्मेदारी के साथ यह कार्यक्रम जारी है। वास्तव में, यह एक अनवरत यात्रा है जिसे हम सभी को 'नाभिकीय दूत' के रूप में तय करनी है। आइये, हम सभी जन-साधारण के लिए उनकी बोलचाल की भाषा में आयोजित किए जाने वाले नाभिकीय ऊर्जा जागरूकता कार्यक्रम में अपना योगदान दें और स्वच्छ ऊर्जा, ऊर्जा सुरक्षा एवं संधारणीयता के राष्ट्रव्यापी अभियान का हिस्सा बनें।

!!! जय हिंद !!!

**जनता तक पहुँच कार्यक्रम संख्या (लाखों में)**



**बोगों की संख्या जिनसे संपर्क किया गया**



## BARC enters into MoU with CGCRI

Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Mumbai, and Central Glass and Ceramic Research Institute (CGCRI), Kolkata, have inked a Memorandum of Understanding (MoU) for manufacturing high density radiation shielding window glass used in radioactive hot cell operations.

As per the MoU, CGCRI will develop the technology for the production of high density 700 x 700 x 150 mm<sup>3</sup> Radiation Shielding Window (RSW) glass slabs using 120 L refractory crucibles in the first stage followed by manufacturing of larger 1000 x 1000 x 200 mm<sup>3</sup> slabs. Nuclear Recycle Group, BARC, will deploy these



**Shri K.N. Vyas, Chairman AEC and Secretary DAE, is joined by senior officials of BARC and CGCRI during the inking of MoU on October 22, 2018 at the Chairman's Office, DAE, Mumbai.**

specialised glass slabs in remote operations of radioactive hot cells.

RSWs are mostly made using radiation resistant and optically

compatible glasses, ranging from ceria-stabilized borosilicate glasses to medium and high density lead glasses.

## BARC to transfer technologies for Rare Earth Production to IREL

Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Mumbai, and Indian Rare Earths Limited (IREL) have entered into an understanding for development and transfer of latest technologies for deployment by IREL in its existing facilities and upcoming pilot plants at the Rare Earths & Titanium Theme Park in Bhopal.

In a Letter of Understanding (LoU) signed with IREL, BARC has agreed to transfer technology for production of high purity rare earth oxides, metals, alloys, luminescent materials and other value added products such as La, Ce, Pr & Nd metals and alloys like La-Mg, Pr-Mg, LaNi<sub>5</sub>, rare earths-based luminescent and up-conversion materials.



**Shri K.N.Vyas, Chairman, AEC and Secretary, DAE (centre) with senior officials of BARC and IREL during the signing of LoU at the Chairman's Office, DAE, Mumbai.**

The Materials Processing & Corrosion Engineering Division (MP&CED), Materials Group, BARC will work towards implementing the full scope of understanding. The LoU was inked in the presence of Shri K.N. Vyas, Chairman, AEC and Secretary, DAE on 21st January 2019 in DAE, Mumbai.

A public sector unit of the Department of Atomic Energy (DAE) – IREL – is responsible for commercial exploitation of monazite for production of rare earth elements, which are increasingly used in activities of nuclear energy, defence, aerospace, automobile industry among others.

## Notes





Central Complex at BARC

Edited & Published by:  
Scientific Information Resource Division  
Bhabha Atomic Research Centre, Trombay, Mumbai 400 085, India  
BARC Newsletter is also available at URL:<http://www.barc.gov.in>