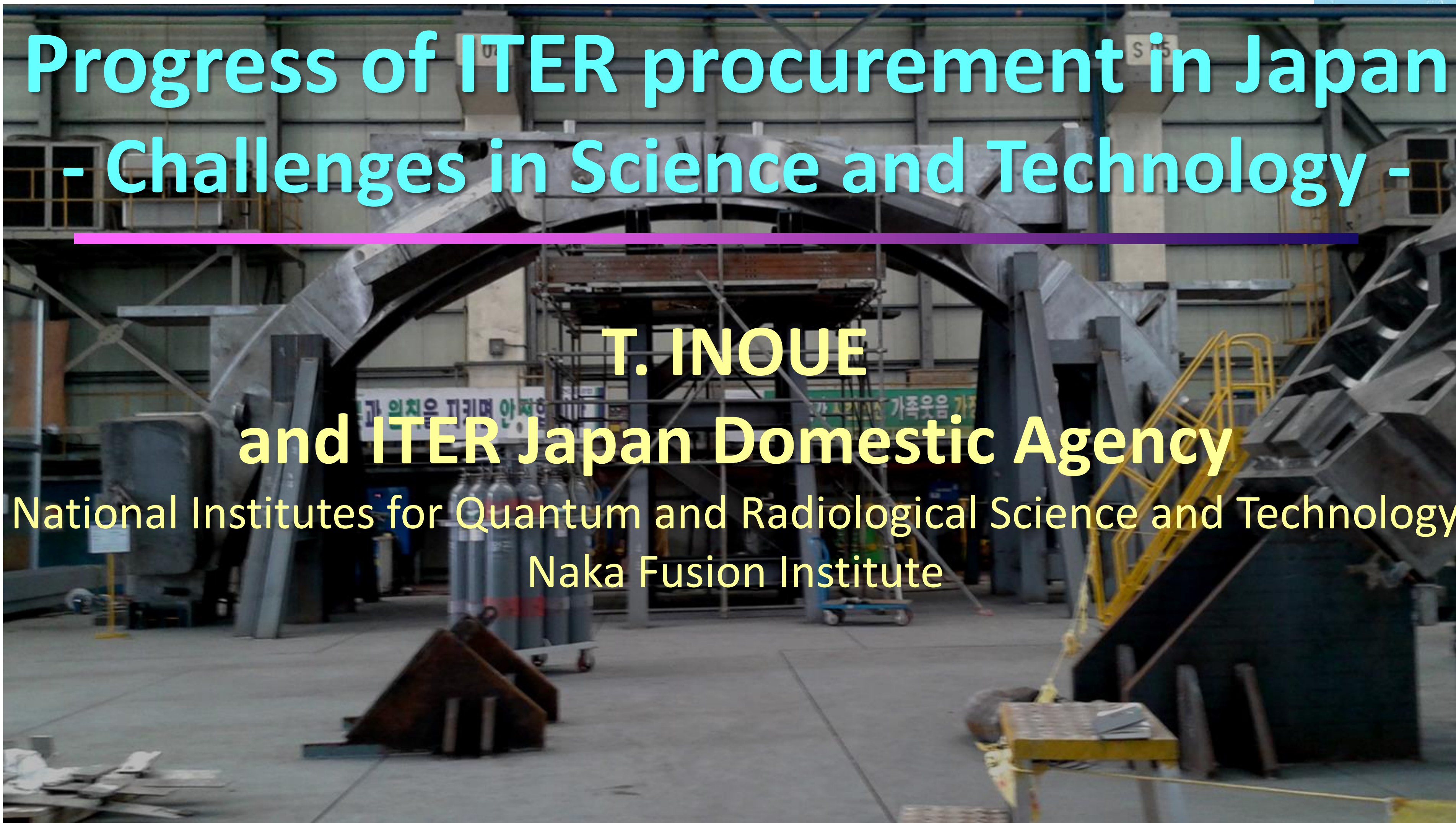


Progress of ITER procurement in Japan
- Challenges in Science and Technology -

T. INOUE

and ITER Japan Domestic Agency

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

Naka Fusion Institute

Roadmap to Realize Fusion Energy

Experiment Phase

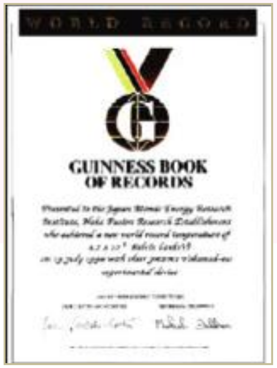
(Scientific Feasibility)

Achievement of High Temperature Plasma

JT-60

The highest fusion energy gain: 1.25

The highest ion temperature: 520M K



Experimental Reactor Phase

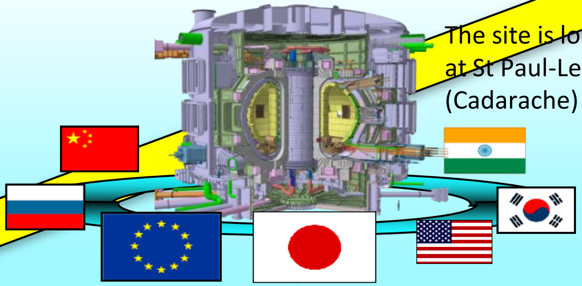
(Scientific and Technological Feasibility)

500 MW Fusion Power output

Long pulse fusion burning

ITER

(International Thermonuclear Experimental Reactor)



The site is located at St Paul-Lez-Durance (Cadarache) in France

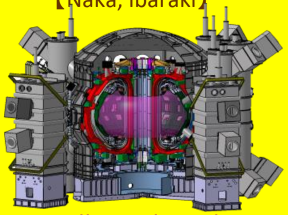
Support for ITER Project

BA Activities

Development of:

- Technical basis for PROTOTYPE reactors
- ITER operation scenarios, etc.

【Naka, Ibaraki】



Satellite Tokamak (JT-60SA)

International Fusion Energy Research Centre

DEMO Reactor Phase

(Technological Demonstration & Economic Feasibility)

Prototype

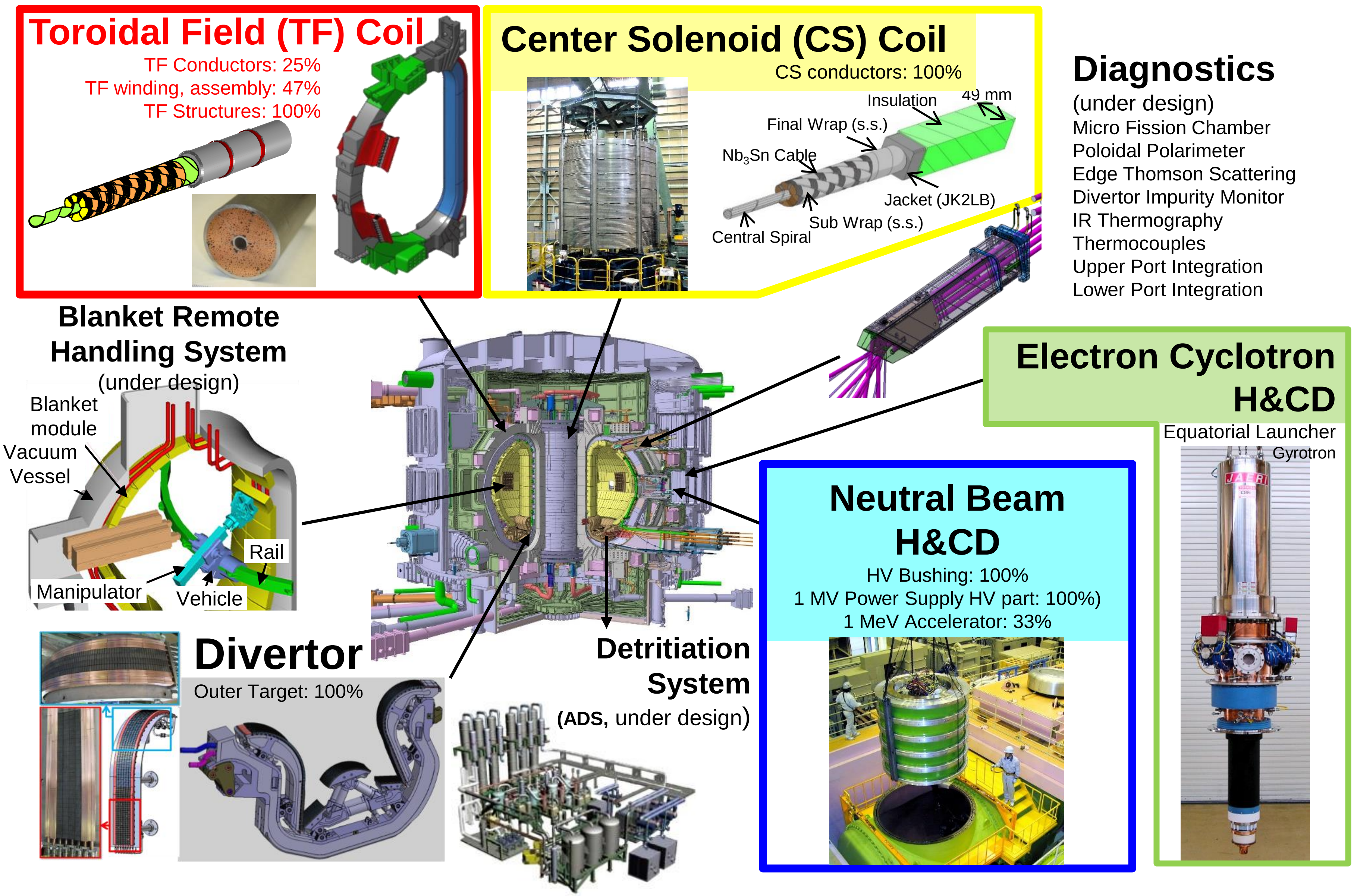
Demonstration of:

- Power generation,
- Economic prospect

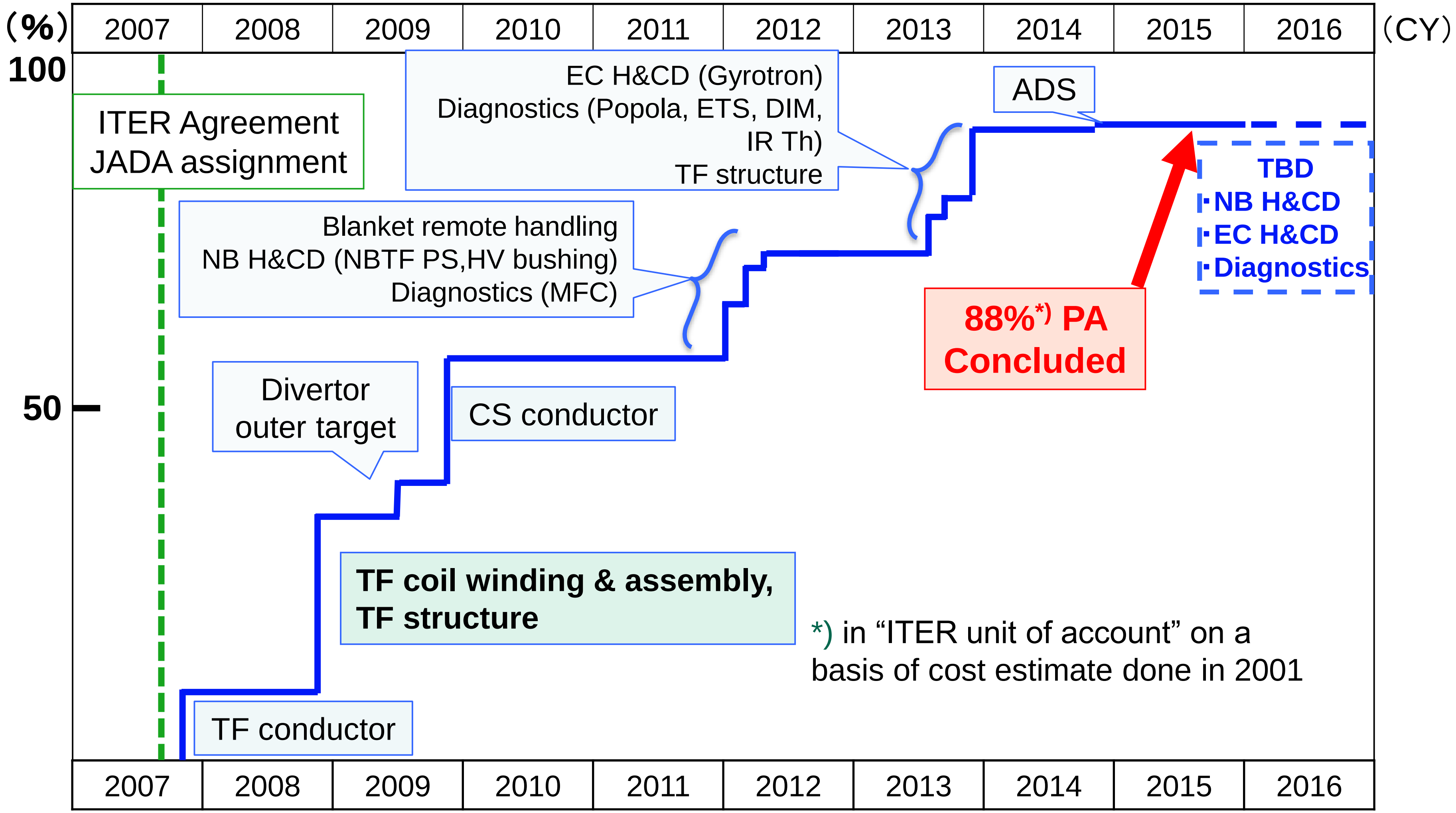
Technologies for DEMO, complementing ITER

Commer-cial Reactor

Japanese Contribution to ITER

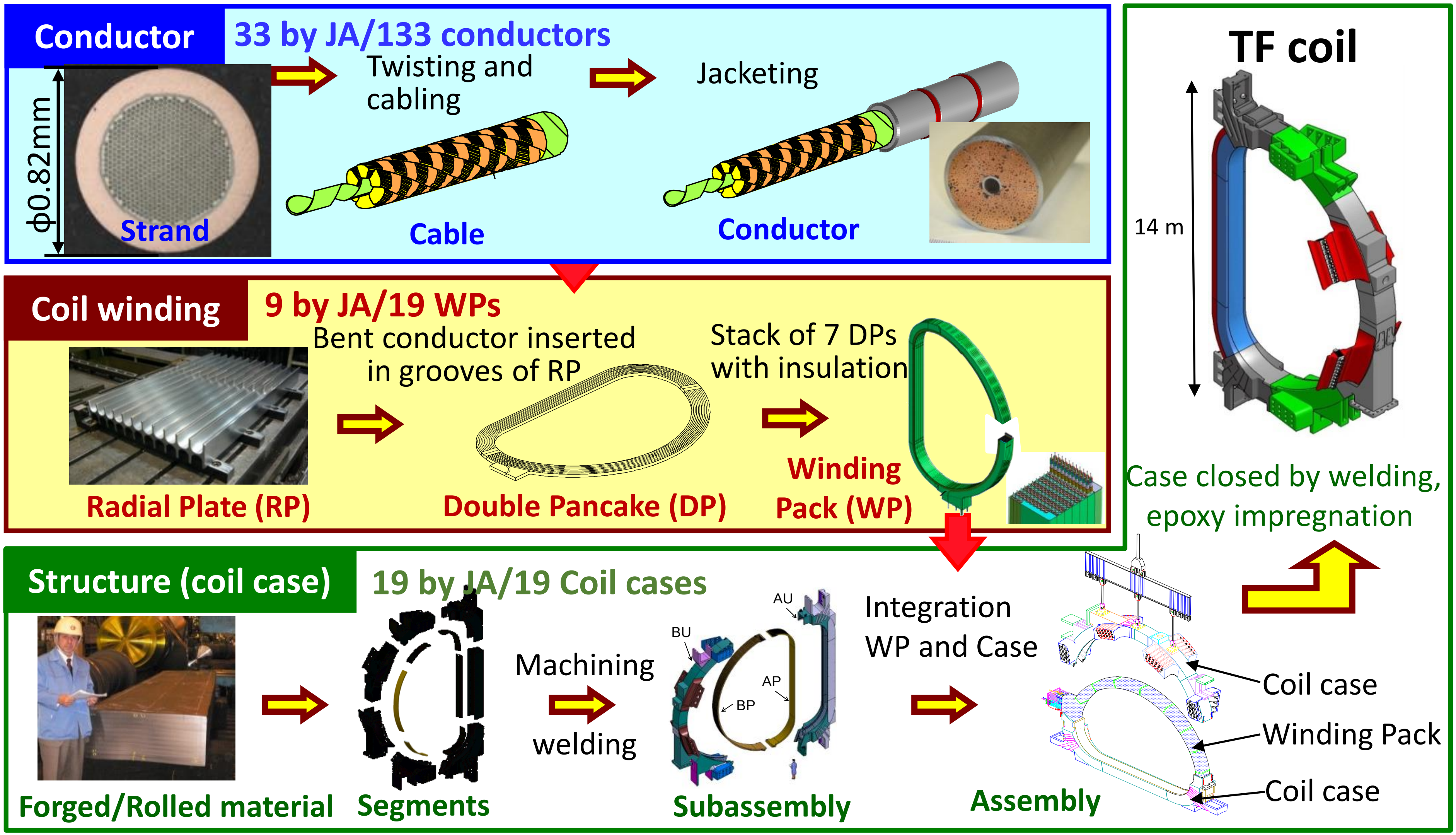


Procurement Arrangement



JADA has signed 12 PAs, corresponding to about 88% in credit value out of total Japanese contribution to the ITER in-kind procurement.

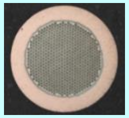
TF Coil Manufacturing



Completion of TF Conductors Procurement

Manufacturing strands

(1 to 20km per strand)



Strand cross section (ϕ0.82mm)

Strands wound on bobbins

Total produced:
23,000 km
(appx 100 tons)

Manufacturing cables

Stranded conductor wound on a bobbin

Total produced:
760 m x24
415m x9

Manufacturing of conductors

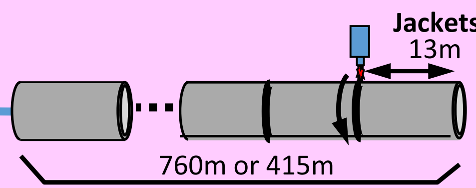
- 760 m (7.3 ton) x 24, 100% complete
- 415m (4.0 ton) x 9, 100% complete

Conductor manufacturing facility

A finished conductor

Jackets (13m)

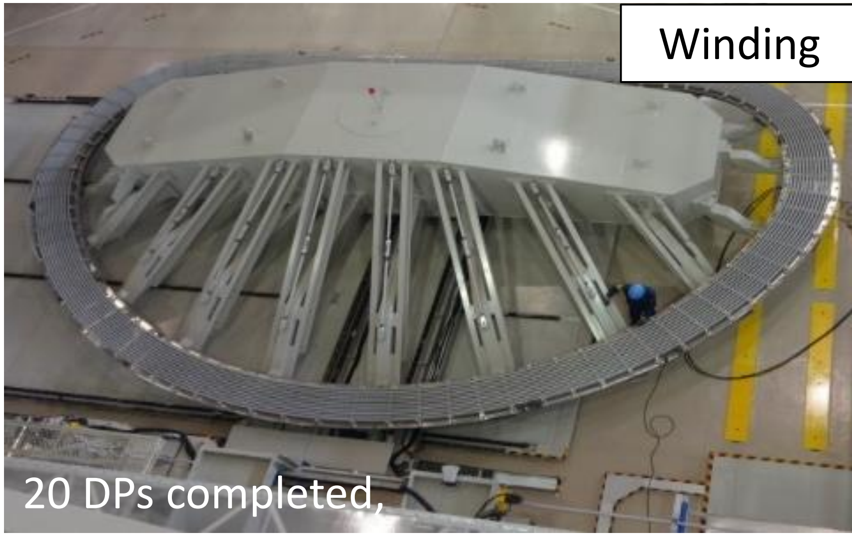
Jackets joint by butt welding and inspections

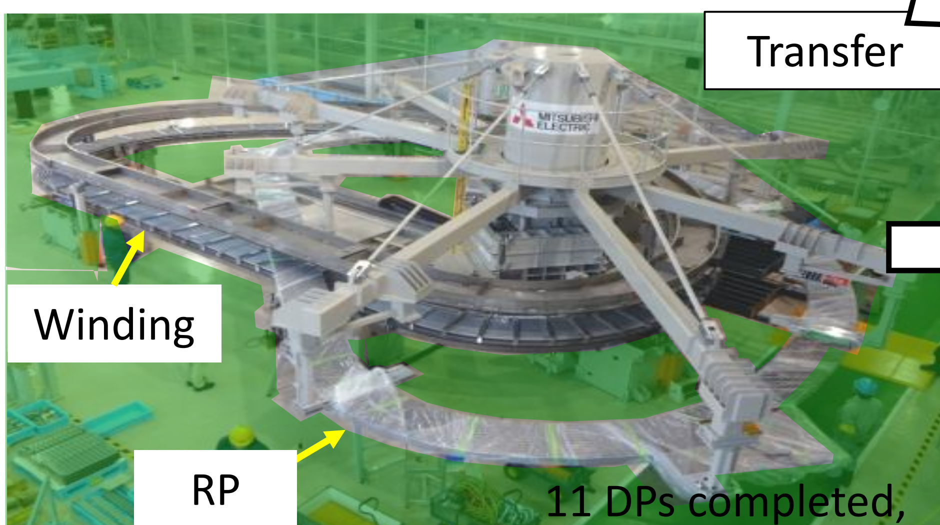


Lead-in of stranded conductor (<4 ton)
Compression molding
bending

Fabrication completed in 7 years, as scheduled (Dec. 2014 press release)

TF Coil Winding process (MHI)





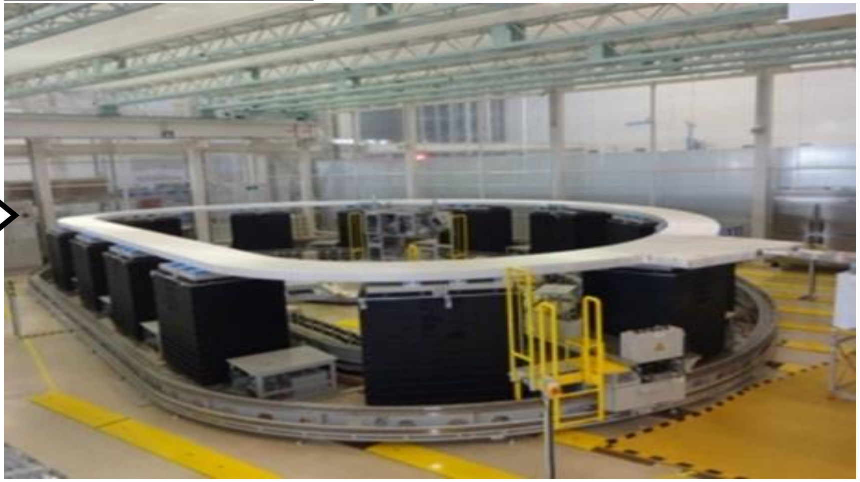
10 DPs completed,

TF Coil Winding process (MHI)

CP Welding

9 DPs completed,

DP Insulation



7 DPs completed,

DP Impregnation

7 DPs completed,

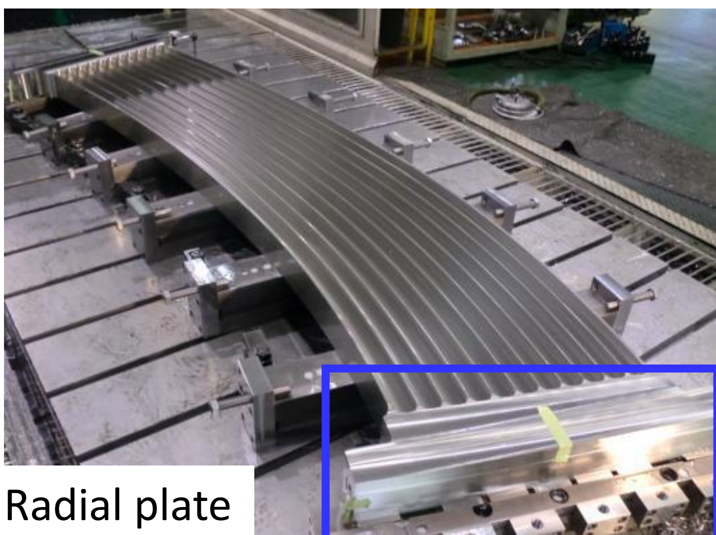
DP Stacking

First 7 DPs stacked for TF#1 in Dec. 2016.

TF coil winging line (Toshiba)

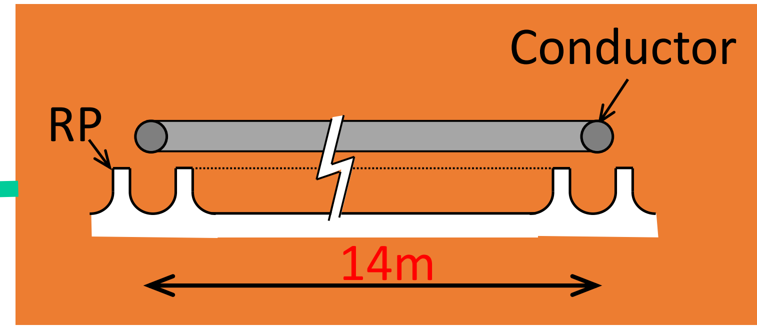
TF coil winding – dimension control

Conductor winding

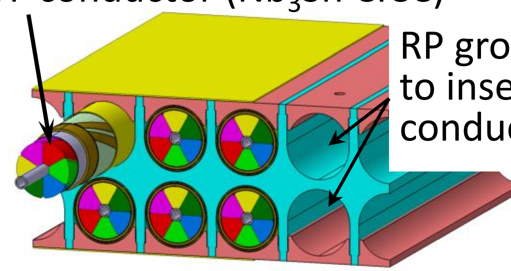


Radial plate

- Precise measurement of conductor winding.
- Conductor length varies due to heat treatment.

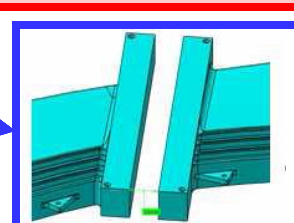


TF conductor (Nb_3Sn CICC)



RP groove to insert conductor

Conductor must fit within grooves of RP:
= a few mm over 14-m height and 9-m width.
≈ **0.02% tolerance** in dimensions.

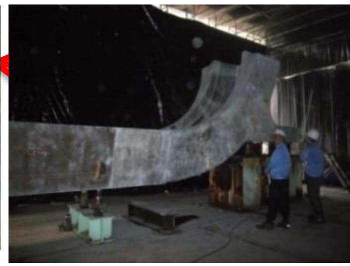


Rectangular flange is machined so that the conductor fits within the RP groove.

TF Coil Structures – tight tolerance

- Full-size prototypes have been manufactured for optimization of manufacturing technologies, such as suppression of welding deformation.

A3 segment (KHI)

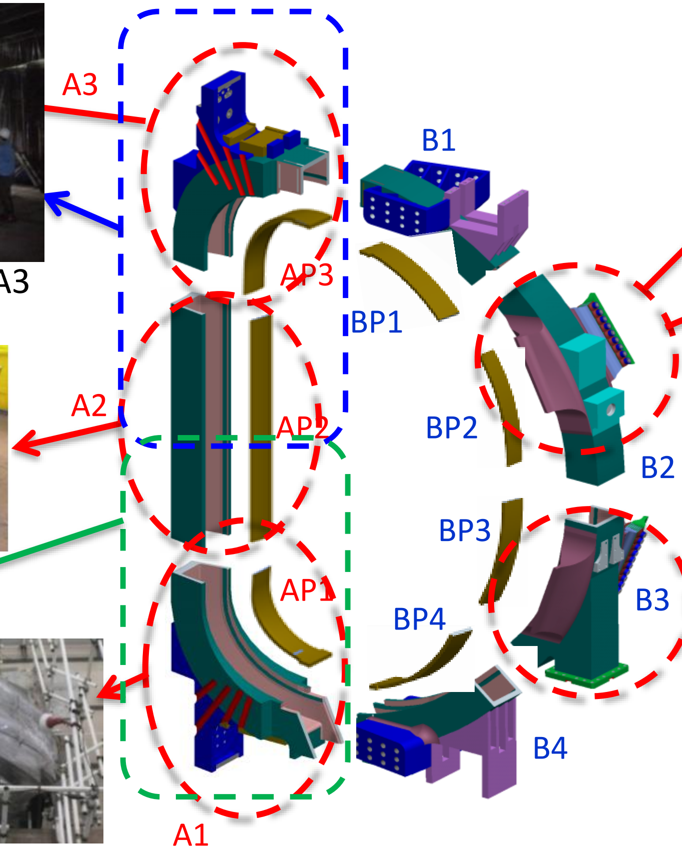


Weld joint of A2+A3 segment (KHI)

A2 segment (MHI and KHI)

Welding joint of A2+A1 segment (MHI)

A1 segment (MHI)



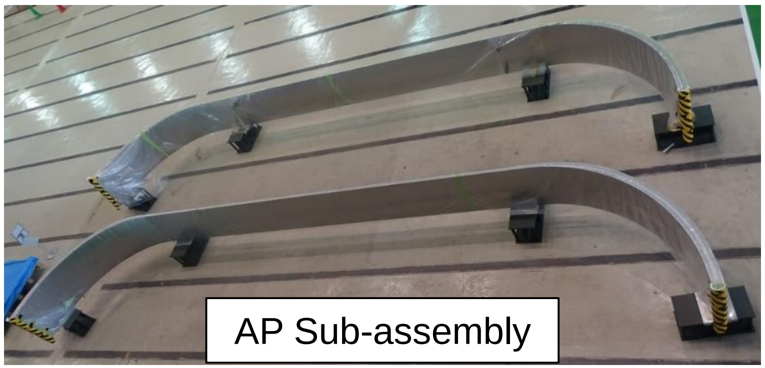
B2 segment (HHI and Toshiba)

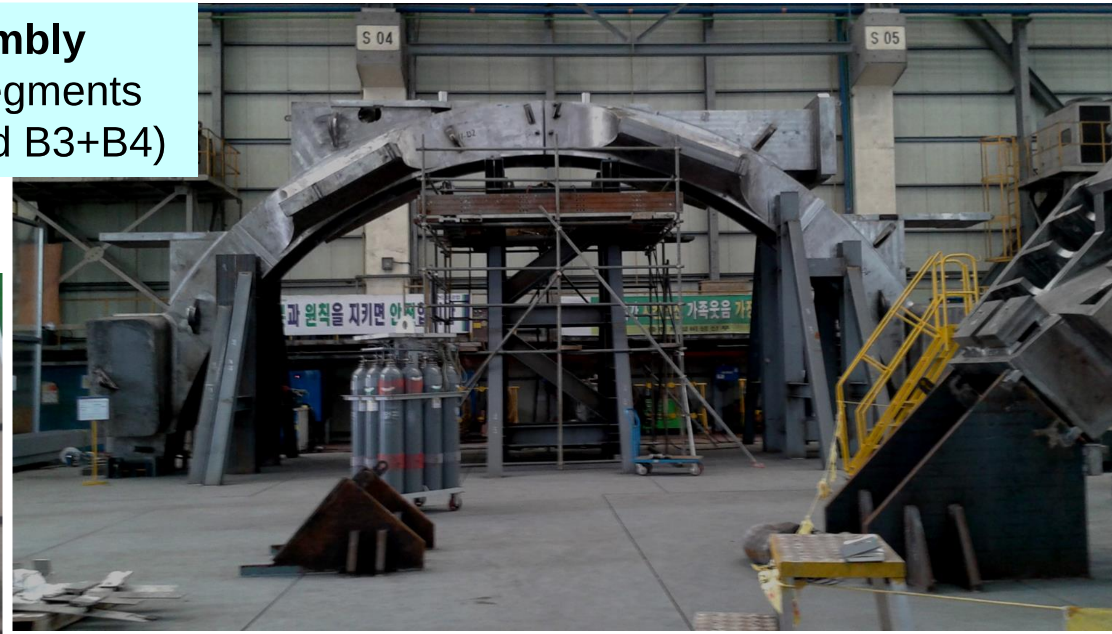
B3 segment (Toshiba)

Data of welding deformation and its suppression procedures have been accumulated for fabrication of ITER TF Coils.

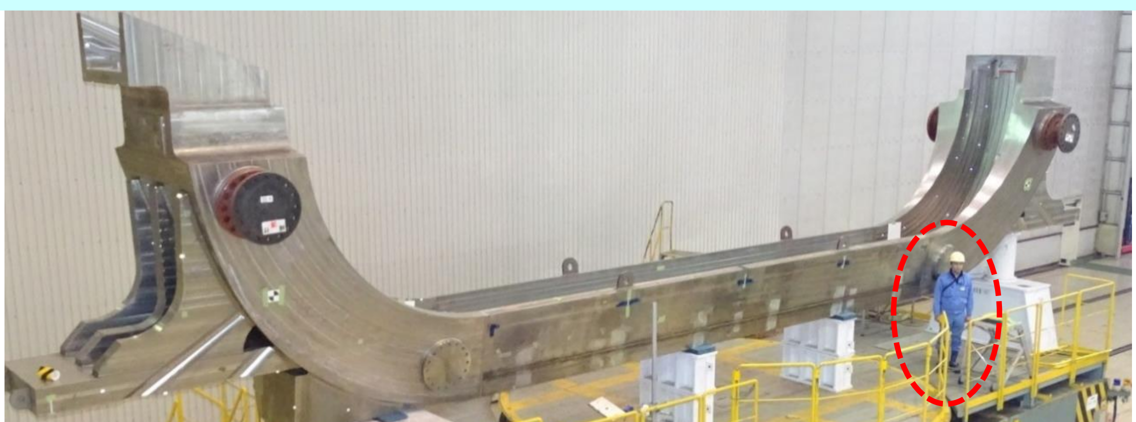
TF Coil Structures

Outboard Sub-assembly
(consisting of 4 Basic Segments before welding B1+B2 and B3+B4)


AP Sub-assembly



Inboard Sub-assembly (consisting of 3 Basic Segments)

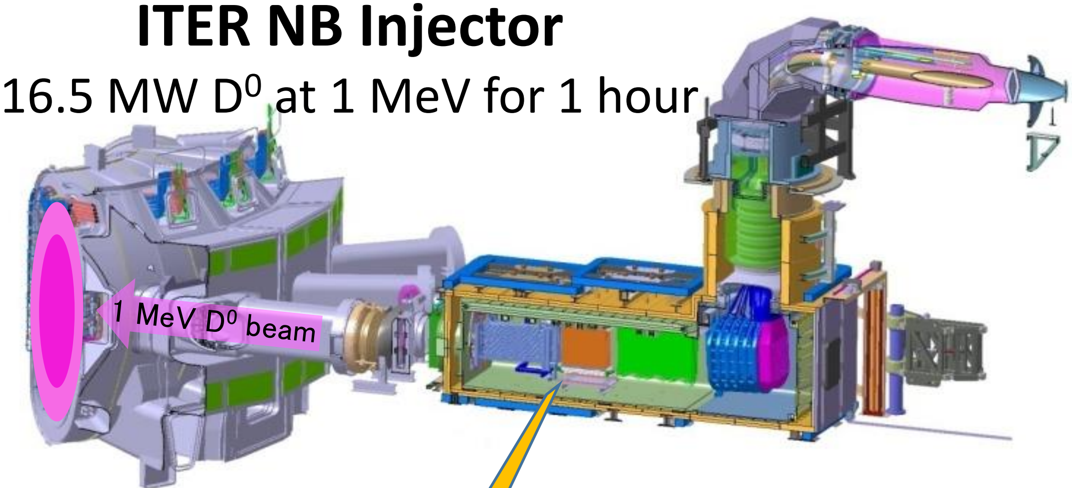


The sub-assemblies have been welded within required tolerance.

NB Test Facility

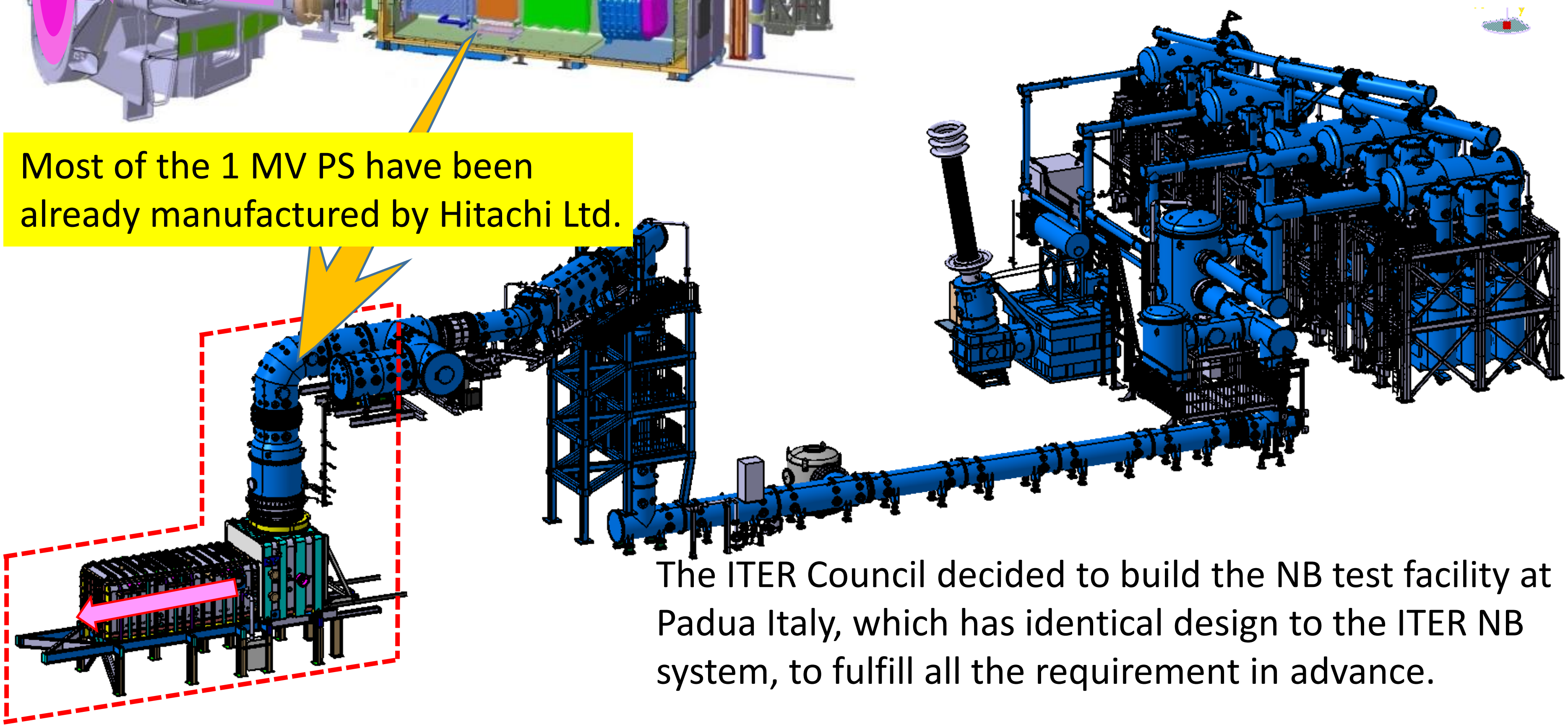
ITER NB Injector

16.5 MW D^0 at 1 MeV for 1 hour



ITER NB system is required to generate 40 A of D^- ions at 1 MeV for 3,600 s, which is much more than performance of existing NB systems (22 A, D^- at 0.5 MeV for 10 s).

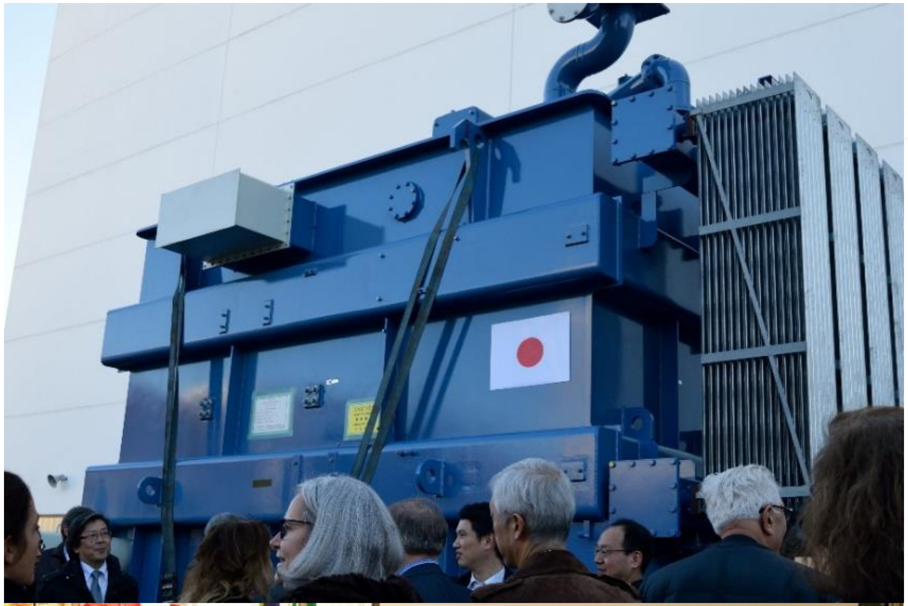
Most of the 1 MV PS have been already manufactured by Hitachi Ltd.



The ITER Council decided to build the NB test facility at Padua Italy, which has identical design to the ITER NB system, to fulfill all the requirement in advance.

NBTF components shipped to Padua

A ceremony have been hold at Padua celebrating the arrival of Japanese components and the start of on-site construction work, on 11th Dec. 2015.
Dignitaries including Mr. Itakura (MEXT), Mr. Bigot (DG of the ITER Organization), Mr. Garribba (European Commission), Mr. Barabaschi (F4E), Mr. Gnezott (RFX) and Mr. Miel (Ministry of education, Italy) were in attendance.



e-mail: cronaca@mattinopadova.it ■ lettere@mattinopadova.it

IL MATTINO VENERDÌ 11 DICEMBRE 2015 | 19

Padova

■ PADOVA Via N. Tommaseo, 65/b ■ Centralino: Tel. 049/80.83.411 ■ Fax: 049/80.70.067 ■ Abbonamenti: 800.860.356 ■ Pubblicità: 049/82.85.611

L'ECCELLENZA SCIENTIFICA » PADOVA AL CENTRO DEL PROGETTO INTERNAZIONALE ITER

Il reattore che copia la fusione delle stelle

Coinvolto il Cnr, investimenti per 300 milioni. Nell'area di corso Stati Uniti sono arrivati i primi camion con i componenti

di Silvia Quaranta

Nel consorzio Rfx (in Corso Stati Uniti, area Cnr) continua a prendere forma quello che, ad oggi, è forse il più ambizioso progetto di ricerca sul nucleare al mondo: il prototipo del reattore "Iter".

Imitando il processo di fusione che avviene sulle stelle, lo studio mira infatti a produrre energia illimitata, sicura e pulita. Il progetto ha preso il via nel 2006 e coinvolge sette nazioni: nella nostra città è in costruzione una delle parti più importanti dell'intero reattore, ovvero quella che ne permette l'accensione.

I lavori procedono a pieno ritmo e ieri sono arrivati dal Giappone dei nuovi componenti: una linea di trasmissione di conduttori high-tech ad altissima tensione continua, prodotti dalla ditta giapponese Hitachi. In serata la cerimonia d'inaugurazione, alla presenza di una delegazione giapponese e del direttore francese del progetto Iter, Bernard Bigot.

«Iter» spiega Bigot «è sostenuto da Europa, Stati Uniti, Russia, India, Cina, Giappone e Corea. Sette partner che coprono mezza umanità e un terzo del prodotto interno lordo globale, uniti nella realizzazione di un'impresa che, singolarmente, nessuna di questi paesi sarebbe stato in grado di affrontare. Sono state coinvolte le migliori eccellenze a livello globale: ogni laboratorio che sta lavorando a una parte del progetto è stato selezionato perché aveva le migliori qualifiche e capacità per farlo. Quello che stiamo costruendo oggi è un reattore nucleare che sappia imitare il processo di fusione che avviene nelle stelle: è solo un prototipo, perché il nostro obiettivo a breve termine è dimostrare che questo si può fare. Iter potrà innescare la reazione, ma funzionerà appena per qualche minuto: il passo successivo sarà la realizzazione di un reattore vero e proprio, in grado di produrre ed immettere in circolo energia elettrica».

La struttura padovana, l'unica (di grandi dimensioni) dislocata rispetto alla sede centrale di Cadarache (in Francia) si chiama "Prima": all'interno sono in costruzione Mitica (iniettore di particelle) e Spider (sorgente di ioni negativi). Il complesso, s'intuisce, è un gioco di parole (Prima Mitica Spider), fatto di sigle e di passione, tutta italiana, per le automobili sportive.

«Le componenti italiane» spiega il professor Francesco Gnesotto, presidente del consorzio che riunisce tutti gli attori italiani del progetto Iter (Cnr, Università, Enea, Infn, Acciaierie Venete) «saranno pronte verso il 2019. Oggi intanto celebriamo un piccolo traguardo: una ditta giapponese, la Hitachi, ha portato qui attrezzature per circa cento milioni di euro. Il loro è un investimento enorme sul nostro territorio, che rafforza una fiducia già consolidata: sei mesi fa eravamo noi a partecipare ad una cerimonia, da loro, per festeggiare l'arrivo di attrezzature prodotte qui. L'investimento del progetto Iter è a lungo termine, ma sul nostro territorio ha già portato una ventata d'ossigeno: c'è un investimento complessivo di 300 milioni di euro, di cui duecento milioni forniti dall'Europa, per le attrezzature. Questi fondi hanno permesso di far lavorare molte imprese locali, soprattutto del territorio, che hanno realizzato gran parte delle attrezzature utilizzate. Quanto alla fusione, gli effetti di questa scoperta non saranno noti prima di metà secolo: dell'utilità nel quotidiano beneficeranno, forse, i nostri nipoti. Ma se funziona, sarà una rivoluzione».

Tra i relatori che hanno partecipato all'evento di ieri erano presenti anche: Massimo Garribba, responsabile delle ricerche sulla fusione in Europa, Pietro Barabaschi, direttore di Fusion for Energy, il dottor Itakura (alto rappresentante del Ministero della ricerca giapponese) e Gianluigi Consoli, in rappresentanza del Miur.

I primi componenti del reattore partiti dal Giappone e arrivati al Cnr in corso Stati Uniti (FOTO BIANCHI)

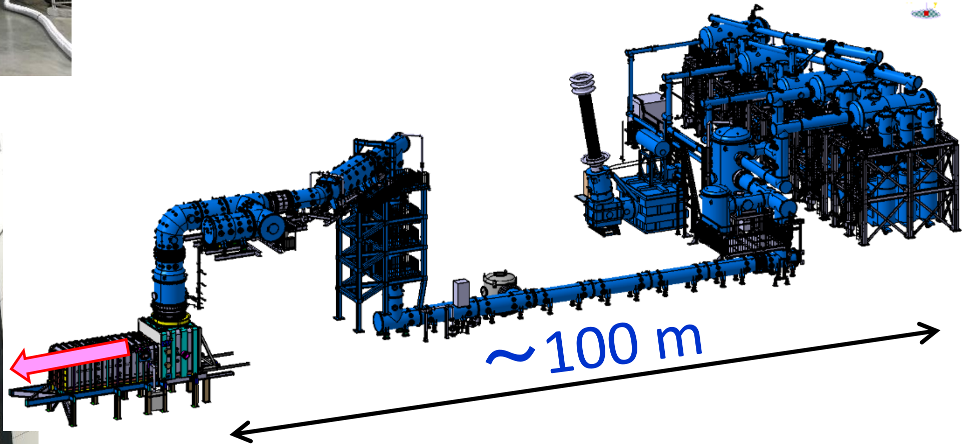
BERNARD BIGOT
Sono stati coinvolti i migliori laboratori di Europa, Usa, Russia, Corea, India, Cina e Giappone

FRANCESCO GNESOTTO
Investimento a lungo termine sul nostro territorio che ha già permesso di far lavorare molte imprese locali

I primi esperimenti negli anni '50 in via Gradenigo

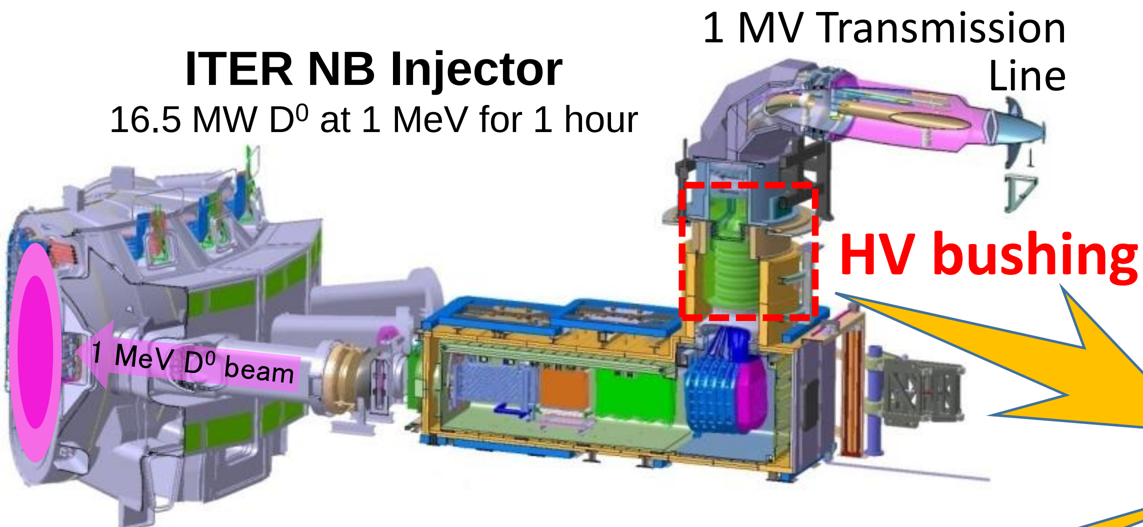
Gli esperimenti sulla fusione, al Bo, sono iniziati negli anni '50. Mentre il mondo s'interrogava soprattutto sugli utilizzi della fissione (il meccanismo della bomba atomica), i ricercatori padovani decidevano di approfondire il processo opposto, convinti che da lì sarebbe scaturita l'energia del futuro. Nel piccolo laboratorio di elettrotecnica, in via Gradenigo, un gruppo di ricercatori per lo più giovanissimi, guidati da un manipolo di docenti visionari e lungimiranti (tra tutti Antonio Rostagni), hanno intravisto per primi la potenza smisurata di una scoperta che, all'epoca, era confinata all'ambito militare. Negli anni '70, insieme alla collaborazione con il Cnr, sono nati i due primi esperimenti, che una decina d'anni più tardi avrebbero aperto la strada alla collaborazione con Oxford e Los Alamos. L'Università di Padova, oggi, è l'unica ad ospitare un dottorato internazionale sulla fusione nucleare, che ogni anno attrae studenti da ogni parte d'Europa e del mondo. Proprio come quelli che hanno intravisto, per primi, il valore della scoperta. Oggi a credere in quell'idea ci sono sette nazioni da tutto il mondo, che hanno scelto di unirsi in un'impresa, il progetto Iter, che nessuna avrebbe potuto affrontare singolarmente. Ma i cui benefici potrebbero, un giorno, cambiare il destino del mondo.

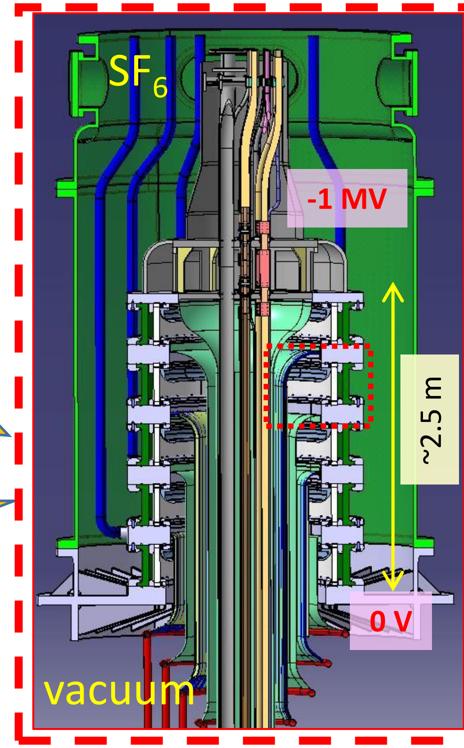
Neutral Beam PS for NBTF

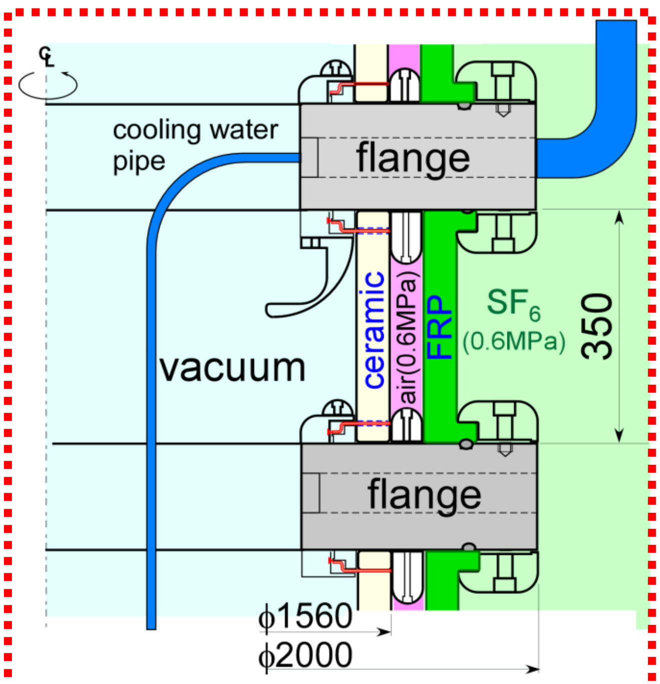


Almost all components have been manufactured, and 80% of them have been already installed at NBTF site.

HV bushing for HNB injector





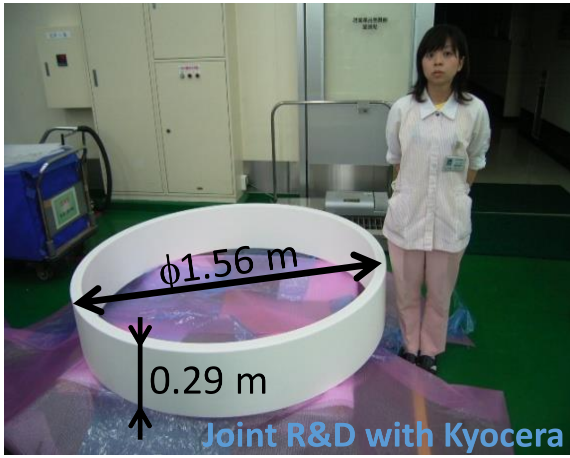


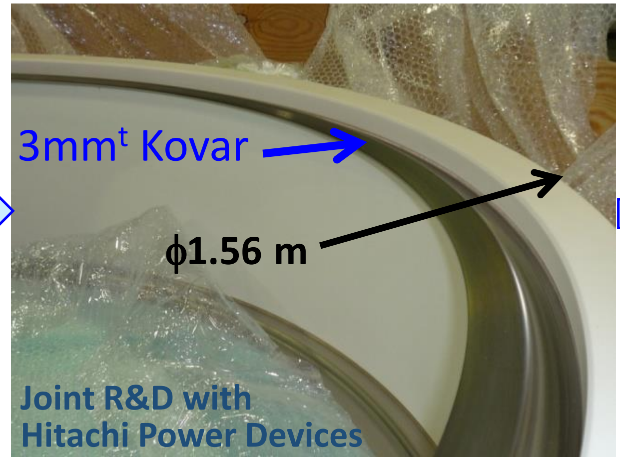
- Pressure/vacuum boundary between PS and BS.
- Feedthrough for bus bars and water pipes
- Double layers: ceramic and FRP
- Five rings in series for 1 MV insulation.

Manufacturing and 1 MV insulation were unavoidable challenges to realize the ITER NB system.

Development of HV Bushing

Large bore ceramic ring R&D



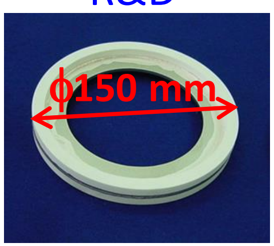


2009 Brazing of Kovar with Large ceramic

Mockup Bushing Test

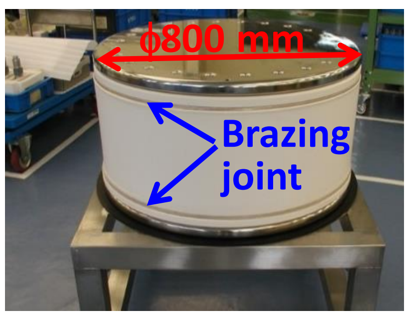
Brazing R&D

Small scale R&D



2005

A half-size R&D



2006

(1) 240 kV/single stage for 2 hours (120% of rated voltage)

(2) 480 kV/two stages for 1 hour also confirmed.

Series production of ceramic rings and brazing in progress

1st 170 GHz 1 MW Gyrotron for ITER

- ✓ Major requirement of ITER Gyrotron already achieved (1 MW for 1,000 s, efficiency > 50%, 5 kHz modulations, etc.).
- ✓ PA signed in Sep. 2013 (eight Gyrotrons).
- ✓ Manufacturing of ITER Gyrotron #1 & #2 started from Jan. 2016.
- ✓ First Gyrotron for ITER has been delivered to QST Naka in December 2016 (on schedule). The gyrotron is to be shipped to ITER site after high power test at Naka.

Summary

- In order to manufacture the full-scale ITER components, following challenges were required.
  - ✓ Control and precise measurement of conductor winding in D-shape and subsequent precise machining/welding of Radial Plate,
  - ✓ Welding technologies for TF Coil Structure, to fulfill the tight tolerances suppressing the welding deformation,
  - ✓ 1 MV insulation in air, oil and SF6 in a large capacity 1 MV dc power supply,
  - ✓ Development of large bore ceramic ring and its brazing with Kovar for HV bushing of NB injector, together with 1 MV insulation technology in vacuum,
- First 170 GHz 1 MW Gyrotron has been delivered.
- Thus Japan has developed manufacturing technology for full-scale ITER components and their procurement is in progress together with industries.
- For other procurements, such as Blanket Remote Handling, Diagnostics, Atmospheric Detritiation System as well as the Test Blanket System, design activities are in progress to launch manufacturing toward the ITER First Plasma in 2025.