

# Groot complex in Japan onthult zelfs de kleinste atomen

Philip Wijers - 17-1-2006

## Samenvatting

In 2007 zal Japan beschikken over één van de grootste en krachtigste synchrotron- en versnellerfaciliteiten ter wereld. De installatie komt te staan in een nieuw R&D-centrum dat momenteel in aanbouw is. Het onderzoeksinstituut met de naam Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) (1), is een gezamenlijk project van JAEA (Japan Atomic Energy Agency) (2) en KEK (High Energy Accelerator Research Organisation) (3). De budgetten van JAEA en KEK budgetten komen van het ministerie voor Onderwijs, Cultuur, Sport, Wetenschap en Technologie (MEXT) (4). JAEA bestaat sinds oktober 2005, en is het resultaat van een fusie tussen het Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) and het Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC).

J-PARC, met een vermogen van 1 MW, zal onderzoekers onder andere de mogelijkheid bieden om zelfs de kleinste atomen in complexe moleculen zichtbaar te maken. Het project is opgedeeld in twee fasen. Fase 1 bestaat uit:

- een 1 MW, 3GeV (5) ringvormige protonenversneller of synchrotron met een omtrek van 350 meter met een 330 meter lange supergeleidende linac (lineaire accellator of versneller) van 600 MeV als injector,
- de hoofdversneller, een 0,75 megawatt 50GeV protonensynchrotron met een omtrek van 1600 meter,
- een groot deel van de 3GeV neutron/meson-experimentele faciliteit, en
- een deel van de 50GeV experimentele ruimte.

Het totale budget van fase 1 is ¥ 133,5 miljard (€ 1 miljard).

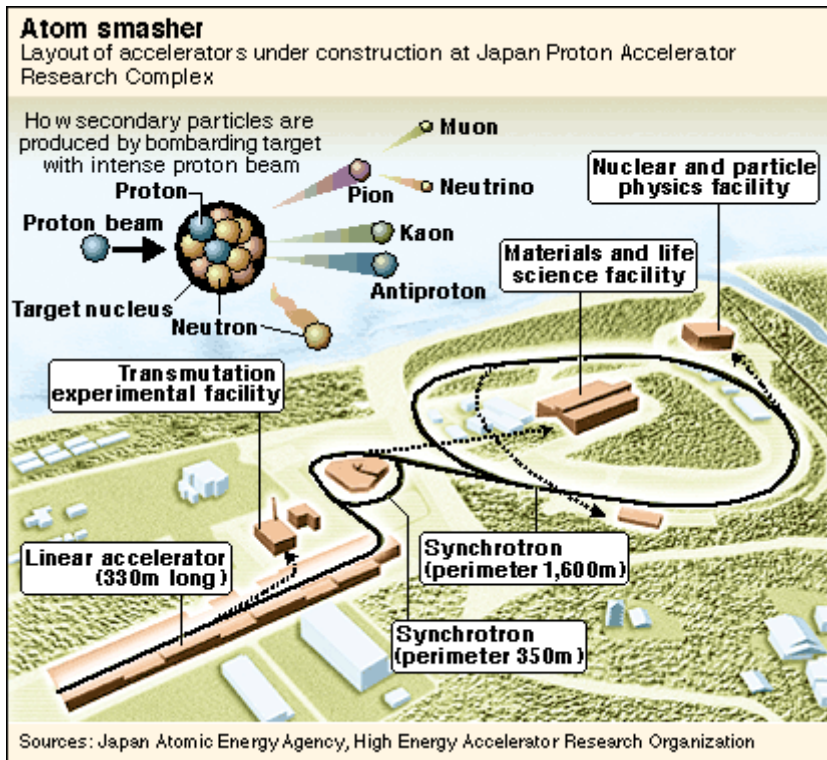
Fase 2, met een omvang van ¥ 66.8 miljard (€ 500 miljoen) omvat de resterende delen van het neutrino-experiment (7) en het R&D-centrum voor nucleaire transmutatie (8). Het reusachtige J-PARC in aanbouw op het JAEA Tokai-onderzoekscentrum in de prefectuur Ibaraki, 130 km ten noordoosten van Tokio, zal naar verwachting in de zomer van 2007 operationeel zijn. Het budget werd in 2001 toegekend en met de bouw werd in 2002 begonnen.

## Details

### Werking

Het bijzondere van J-PARC is het gebruik van neutronen, deeltjes aanwezig in atoomkernen, om nauwkeurig de atomaire structuur van een object te analyseren. Terwijl gewone microscopen licht gebruiken als sonderend medium, heeft het gebruik van neutronen het voordeel dat deze deeltjes gewoon door de kern van een atoom schieten, tenzij ze de kern raken. Het voordeel ten opzichte van analyse met röntgenstralen of elektronen is een hogere resolutie vanwege het grotere doordringendere vermogen van neutronen. Deze deeltjes hebben een veel kortere golflengte en zijn elektrisch neutraal. Met röntgenstralen bijvoorbeeld kan men slechts grote atomen zoals koolstof en stikstof zien. Met neutronen is de volledige structuur van het object waarneembaar.

Neutronen kunnen echter pas effectief gebruikt worden als ze in een intense staal gefocusseerd en met pulsen gedoseerd kunnen worden. Hiertoe gebruikt J-PARC drie enorme instrumenten: een lineaire versneller en twee synchotrons die met een vermogen van 1 MW samen in drie fasen protonen tot bijna de lichtsnelheid accelereren. Door botsing met het metaal kwik ontstaat een secundaire straal aan neutronen en andere deeltjes die uit de kwikatomen schieten. Dit verstrooiingsproces staat bekend onder de naam spallatie of afsplintering. De installaties worden spallatiebronnen genoemd. Er komt naast neutronen tevens een scala aan andere stabiele en instabiele deeltjes vrij zoals pionen, kaonen, anti-protonen, muonen en neutrino's (9) die voor ander onderzoek te gebruiken zijn. J-PARC is een derde-generatiespallatiebron en zal, ten opzichte van de vorige generatie, pulsen met 100 keer zoveel neutronen per seconde kunnen maken. Dit komt de snelheid en precisie van het onderzoek ten goede.



Figuur 1. Overzicht J-PARC en secundaire reacties van de protonenstraal

De invloed van het object op de pulserende neutronenstraal wordt door sensoren die de uitgaande neutronen registreren, gemeten. Door middel van deze technologie die bekend staat als neutronenstraalanalyse (10) kan zelfs de positie van kleine atomen zoals waterstof en lithium in grotere moleculaire structuren zoals eiwitten worden waargenomen (11).

Protonenversnellers kan men ook gebruiken om andere deeltjes te maken. Een mogelijke toepassing is onderzoek naar neutrino's, een ander subatomair deeltje. Volgens dit concept zullen de bij J-PARC gegenereerde neutrino's naar een enorme detector worden geschoten die 300 km verderop staat opgesteld in Super-Kamiokande, het onderzoekscentrum van de University of Tokyo in een oude mijn, 1000 m onder de grond in Kamioka, 300 km ten noordwesten van Tokio (12).

### Andere spallatiebronnen

In de VS bouwt het Department of Energy in Oak Ridge, Tennessee, de Spallation Neutron Source (SNS)(13). Dit complex met een vermogen van 1,4 MW biedt mogelijkheden die vergelijkbaar zijn met die van J-PARC. Het onderzoekscentrum zal begin 2007 operationeel zijn. Europa speelt al decennia lang een leidende rol op het gebied van neutronenstraling. De sterkste spallatiemicroscopen, ook wel *matterscopes* genoemd, staan in momenteel in Europa. Bij Oxford in Engeland staat in het Rutherford Appleton laboratorium de ISIS (naar de Egyptische godin Isis) (14),

momenteel de krachtigste ter wereld met een vermogen van 200 kW. Grenoble heeft met het ILL (Institut Laue Langevin) (15) een vergelijkbaar onderzoekscentrum. De EU zoekt naarstig naar politieke daadkracht voor de beslissing tot de bouw van de European Spallation Source (ESS)(16). Volgens plan moet de ESS een vermogen krijgen van maar liefst 5 MW. Het is belangrijk voor Europa om niet achterop te raken ten opzichte van Japan en de VS. Dit zal echter moeilijk worden wanneer volgend jaar de derdegeneratie-spallatiebronnen J-PARC en de SNS gebruiksklaar zijn. De politieke beslissing wordt pas in 2007 verwacht. Vervolgens zal de bouw ook nog eens tien jaar kosten. Genoeg kansen voor de VS en Japan om in deze tijd ook een leidende rol in neutronenstraling te gaan spelen.

### **Toepassingen**

Tal van bedrijven, onderzoeksinstituten en universiteiten zullen de verschillende onderzoeksmogelijkheden van J-PARC voor een groot aantal disciplines gaan gebruiken. Hierbij valt te denken aan biotechnologie, materiaalwetenschappen, natuur- en scheikunde, en aardwetenschappen. Ook de industriële toepassingen die J-PARC biedt zijn legio. Vooral automobiel- en geneesmiddelenfabrikanten tonen veel belangstelling voor J-PARC. Het onderzoekscentrum geeft autofabrikanten de mogelijkheid om in detail te zien hoe de verbranding in de cilinder van een automotor precies verloopt, en hoe en waar de krachten en slijtage in verschillende vitale motoronderdelen verwerkt worden. De resultaten van dergelijk onderzoek kunnen potentieel grote invloed hebben op de ontwikkeling en het ontwerp van nieuwe verbrandingsmotoren. J-PARC kan ook spanningen en metaalmoetheid van essentiële vliegtuigonderdelen minutieus in kaart brengen.

Onderzoekers die nieuwe geneesmiddelen ontwikkelen kunnen met J-PARC in grote mate van detail de samenstelling en structuur van eiwitten analyseren. Hierdoor kan men oorzaken van ziekten identificeren en geneesmiddelen hier op afstemmen. Het is tevens mogelijk om bijwerkingen van geneesmiddelen te analyseren en zo te verminderen (17). J-PARC biedt veel mogelijkheden voor fundamenteel onderzoek naar het gedrag en de samenstelling van materie (18). Het neutrino-experiment in combinatie met Super-Kamiokande werd al genoemd. Een andere belangrijke toepassing van J-PARC is het transmuteren van gebruikte radioactieve materialen en brandstoffen door deze met neutronen te bombarderen. Deze behandeling verlaagt de halfwaardetijd (19) van radioactief materiaal van enkele duizenden naar enkele honderden jaren. Dit zou een grote bijdrage kunnen leveren aan het reduceren van de hoeveelheid hoog-radioactief afval.

### **Bronnen en meer informatie**

1. Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC): <http://www.j-parc.jp/>

2. Japan Atomic Energy Agency (JAEA): <http://www.jaea.go.jp/>
3. High Energy Accelerator Research Organization (KEK):  
<http://www.kek.jp/>
4. MEXT
5. GeV = gigaelectronvolt - 1 eV is de energie die een elektron wint als het een potentiaalverschil van 1 volt doorloopt =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  joule (= elementaire lading maal 1 V).
6. ook wel synchrotron genoemd
7. voor het later in de tekst genoemde neutrino experiment: [http://j-parc.jp/NuclPart/FastExtracted\\_e.html](http://j-parc.jp/NuclPart/FastExtracted_e.html)
8. transmuteren is het omzetten in stoffen die gedurende een veel kortere tijd radioactief zijn
9. NRG, ABC van de kernenergie: <http://www.nrg-nl.com/public/abc/>
10. In het Engels 'neutron beam analysis'
11. <http://www.jaeri.go.jp/english/annual/2004e/html/chap07.html>
12. zie paper K. Mishima & N. Tani, internetlink in de rechterkantlijn
13. Prof. Masatoshi Koshiha heeft aan het neutrino-onderzoek van Kamiokande zijn Nobelprijs voor natuurkunde in 2002 te danken.
13. Spallation Neutron Source: <http://www.sns.gov/>
14. ISIS : <http://www.isis.rl.ac.uk/>
15. Institut Laue Langevin: <http://www.ill.fr/>
16. European Spallation Source: [http://neutron.neutron-eu.net/n\\_ess](http://neutron.neutron-eu.net/n_ess)
17. J-PARC, materials and life sciences: <http://j-parc.jp/MatLife/en/facilities/index.html>
18. J-PARC, kernfysica:- [http://j-parc.jp/NuclPart/index\\_e.html](http://j-parc.jp/NuclPart/index_e.html)
19. de halfwaardetijd is de tijdsduur waarin de helft van de kernen van een radioactieve stof vervalst.