

# Japan gelooft in de brandstofcel

David van Erp, stagiair TWA Tokio – 1-3-2003

(Continued from Part 2)

## Grootschalige energievoorziening en krachtcentrales

De markt voor grootschalige energieopwekking zal niet, zoals bij de andere markten, gedomineerd worden door één bepaald type brandstofcel maar in eerste instantie door drie verschillende types (en naar verwachting van meerdere Japanse bedrijven op termijn door twee verschillende types). NEDO, dat onderdeel is van METI, speelt een belangrijke rol op het gebied van de ontwikkeling van de PEFC, MCFC en de SOFC. Het budget voor de ontwikkeling van deze drie typen brandstofcel was in 2002 ruim 100 miljoen euro. Voor 2003 ligt dat budget 2,5 keer zo hoog.

Momenteel is alleen de PAFC brandstofcel beschikbaar, maar is deze nog niet echt concurrerend met bijvoorbeeld de conventionele gasturbine. PAFC brandstofcelssystemen worden verkocht als noodaggregaat voor bijvoorbeeld kleine ziekenhuizen. De ontwikkeling van de MCFC en de SOFC brandstofcellen gaat snel en de verwachting is dat deze de markt zullen overnemen. Fuji Electric en Toshiba International Fuel Cell Co. houden zich nog wel bezig met de ontwikkeling van de PAFC technologie, maar Fuji heeft geen plannen meer om nog een nieuw type PAFC te gaan ontwikkelen. De FP-100F (100kW) wordt waarschijnlijk het laatste model van Fuji. De enige ontwikkeling die nu nog plaatsvindt is een technologie die een combinatie vormt tussen biomassa en de PAFC-brandstofcel. Deze zal naar verwachting in 2004 leverbaar worden en zal rond de 70 miljoen yen (540.000 euro) gaan kosten. Fuji Electric streeft naar een levensduur van de brandstofcel van 60.000 uur. Toshiba heeft verder geen echte verwachtingen afgegeven voor de toekomst, maar het is duidelijk dat met de MCFC en de SOFC een veel hogere efficiency zal worden bereikt.

Van die laatste twee genoemde brandstofceltypen heeft de MCFC de beste kansen, zo is de verwachting van Ishikawajima Heavy Industries (IHI), Mitsubishi Heavy Industries en Hitachi. Deze bedrijven zijn zeer actief in het ontwikkelen van de MCFC. Deze drie bedrijven verwachten dat in 2004 de marktintroductie kan gaan plaatsvinden.

|                                 | PAFC | Diesel<br>Motor | Gas Motor | Gas Turbine | MCFC  |
|---------------------------------|------|-----------------|-----------|-------------|-------|
| Productie kosten per kW         | 3870 | 1290            | 1548      | 860         | 2150  |
| Efficiency                      | 40%  | 36,5%           | 32%       | 26%         | 47,7% |
| Kosten per kW/h                 | 0.19 | 0.117           | 0.16      | 0.13        | 0.126 |
| NO <sub>x</sub> graad           | Nvt  | 2000 ppm        | 200 ppm   | 10 ppm      | Nvt   |
| Kosten NO <sub>x</sub> reductie |      | 447.2/kW        | 258/kW    |             | Nvt   |
| Totale productiekosten<br>kW/h  | 0.19 | 0.134           | 0.17      | 0.13        | 0.126 |

**Figuur 15. Overzicht van productiekosten van verschillende systemen in krachtcentrales Kosten voor krachtcentrales in 2004 in Euro's. Omgerekend uit de Yen (koers 100 yen=0.86 euro) (Bron: NEDO)**

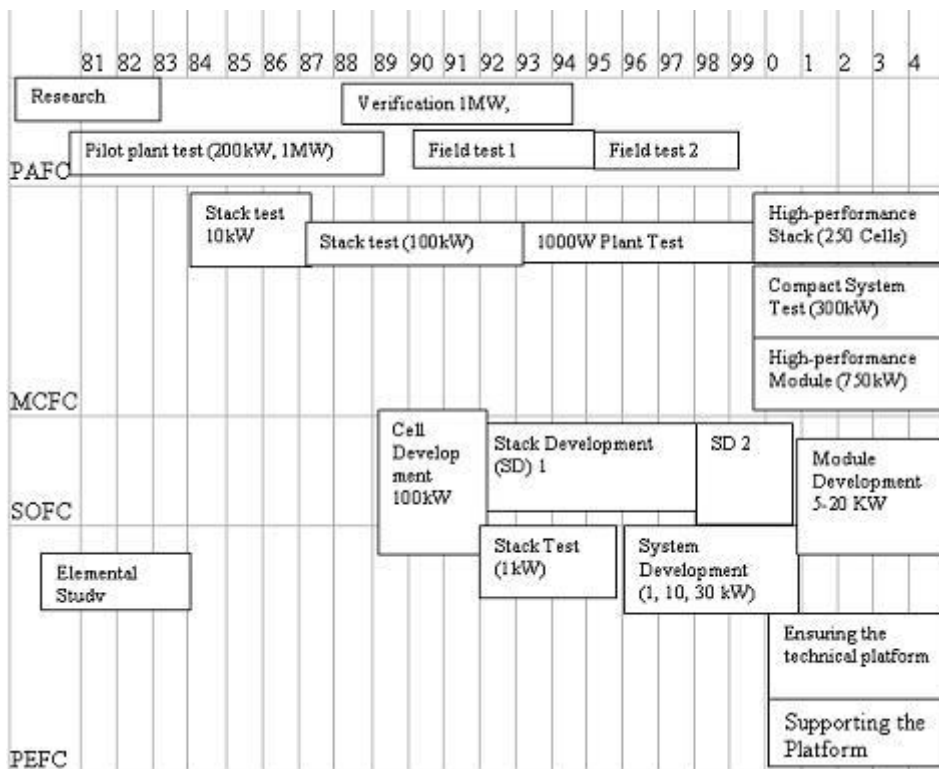
Zoals in Figuur 15 is weergegeven is de richtprijs voor de aanschaf van een MCFC rond 2004 2.150 euro per kilowatt en de prijs per kW/h voor elektriciteit zal in Japan uitkomen op 0.126 eurocent, waarmee de inzet van een MCFC goedkoper zal zijn dan de inzet van een gasturbine (0,13 eurocent). De duurzaamheid van de MCFC zal dan nog moeten worden verbeterd tot een maximale slijtage van 0,25% per 1000 uur bedrijfstijd. Opvallend is dat er in Japan dus nog wel een draagvlak is voor de MCFC, terwijl er in Nederland bijna alleen nog gekeken wordt naar de SOFC. Er wordt momenteel hard gewerkt aan het hybridentsysteem en aan het naar beneden brengen van de kosten. Hitachi steekt veel energie in de ontwikkeling van een model waarbij het gas/waterstof geleverd wordt door het vergassen van kolen. Dit is niet alleen een stuk schoner dan het verbranden van kolen, maar het voordeel is ook dat de infrastructuur voor kolen al decennia lang aanwezig is.



**Figuur 16. Een 500MW MCFC installatie van Hitachi.**

Er is gedurende 2002 veel onderzoek gedaan naar onzuiverheden in het gas bij de vergassing van kolen, en het verschil met de onzuiverheden die zich in aardgas bevinden. Er werd onder andere vastgesteld dat  $H_2S$  de hoeveelheid CO doet toenemen en dat HCl niet of nauwelijks invloed heeft op de capaciteit van de brandstofcel.

NEDO houdt zich in grote mate bezig met het organiseren en subsidiëren van grote projecten waarin vele bedrijven kunnen participeren. NEDO steunt al sinds 1981 de ontwikkeling van de brandstofcel. In 1981 begon men met het ontwikkelen van de PAFC. Later kwamen daar de MCFC, SOFC en PEFC bij.



Figuur 17. De ontwikkeling van de verschillende typen brandstofcel in Japan (Bron: NEDO)

Eerder genoemde Japanse bedrijven voorzien dat de MCFC brandstofcel op de kortere termijn voornamelijk zal worden ingezet in de stroomproductie van bijvoorbeeld fabrieken. Het doel voor 2004 is een “high performance” brandstofcel van 750kW onder druk van 1.2 Mpa en met een vermogensdichtheid van 200mA/cm<sup>2</sup> gedurende 5.000 uur. Er wordt naar een slijtage van 0.25% per 1.000 uur gestreefd. Ook wordt er reeds nagedacht over grotere energieproductie. Voor 2005 staat er een 6-7 MW plant gepland. In 2010 verwacht NEDO dat energiebedrijven die gebruik maken van MCFC een vrije energiemarkt zullen betreden.

Toch wordt aangenomen dat de SOFC brandstofcel het beste toekomstperspectief heeft. Volgens J-Power heeft de cilindervormige SOFC de meeste toekomstkansen vanwege zijn betere warmtecapaciteit, duurzaamheid en het relatieve gemak waarmee deze brandstofcellen in massa geproduceerd kunnen worden. Bij J-Power rolt men de verschillende lagen stacks achter elkaar op een metalen buis. Deze roltechniek is zeer geschikt voor massaproductie. J-Power denkt zeker te weten dat de SOFC het zal winnen van de MCFC doordat de duurzaamheid veel hoger is dan die van de MCFC. Ook zal de SOFC veel minder ruimte in beslag nemen. J-Power houdt zich dan ook niet bezig met de MCFC. Volgens Tokyo Gas Co. zullen de eerste SOFC systemen in Japan al in 2005 leverbaar zijn. J-Power ziet zichzelf, op

het Duitse Siemens na, als het meest gevorderde bedrijf op het gebied van de SOFC brandstofceltechnologie ter wereld. De aanschafkosten per kW in 2008 zullen ongeveer rond de 1.700 euro liggen aldus bronnen bij NEDO.

De SOFC doelstellingen van NEDO voor 2004 zijn het produceren van een module van tussen de 5–20 kW op aardgas, met een gemiddeld voltage van 0.7 tot 1V een vermogensdichtheid van 200mA per vierkante cm, een efficiency van meer dan 75% inclusief waste heat en een slijtage van minder dan 0.25% per 1000 uur. Het onderzoek zal zich bij de SOFC vooral richten op een hogere efficiency, hogere betrouwbaarheid en het verlagen van de productiekosten.

### **De elektronica industrie**

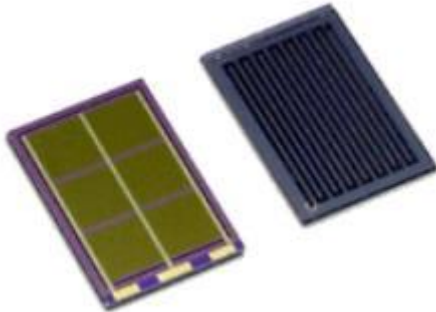
De Li-ion batterij, als energiedrager voor elektronica-producten zoals laptops en PDA's, zou zijn langste tijd gehad hebben, aldus meerdere Japanse elektronica-ondernemingen. De verwachting binnen Toshiba is dat de huidige Li-ion batterij nog tweemaal beter zou kunnen presteren dan nu het geval is, maar dat dan de rek eruit is. Rond 2008/2010 zou de Li-ion batterij uitontwikkeld zijn.

De brandstofcel voor de micro-elektronica zal in 2003 zijn intreden doen in Japan. Toshiba en Casio hebben allebei aangekondigd dit jaar nog met een brandstofcel op de markt te komen. Andere bedrijven, zoals NEC en Hitachi, hebben 2004 als introductiejaar gekozen. Toch zal het nog tot 2010 duren voordat de brandstofcel in grote getale op de markt zal komen.

Toshiba heeft voor de introductie gekozen voor een brandstofceltoepassing in een PDA en Casio is van plan om als eerste met een toepassing in een laptop te komen. De laptop van Casio kan 20 uur actief gebruikt gaan worden. Hitachi heeft al een prototype laptop ontwikkeld die drie dagen operationeel was, maar de omstandigheden waaronder zijn niet bekend. Toshiba werkt net als vele andere ondernemingen aan het verminderen van de cross-over (lekkage) van de DMFC, een brandstofcel die methanol als brandstof gebruikt. Bij Toshiba heeft men door toepassing van Electrical Beam Irradiation de cross-over met 30 tot 40% weten terug te dringen. Door de Electrical Beam worden de reeds enorm kleine gaatjes van de het Nafion 117 nog eens verkleind.

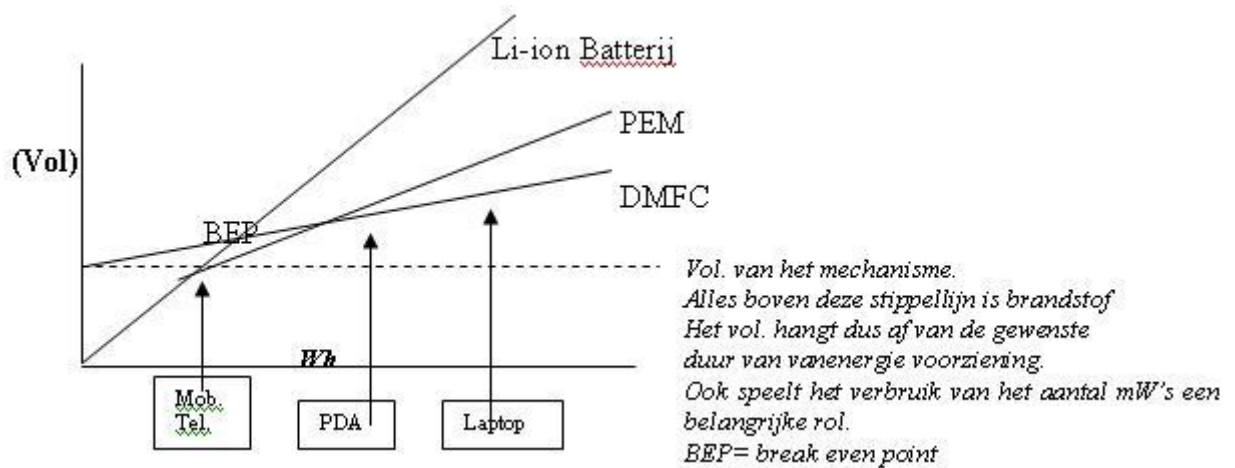


Figuur 18. De brandstofcel plus methanol capsules van Casio



Figuur 19. De membranen van Casio

Zowel Toshiba als NTT Co. zijn niet zeker of de brandstofcel zijn intreden zal doen in de mobiele telefonie. Dit komt door de ruimte die de brandstofcel inneemt.



Figuur 20. Li-ion batterij versus PEFC& DMFC

Waarschijnlijk is de Li-ion batterij hier wel bruikbaar voor. Er wordt hoofdzakelijk gewerkt met DMFC, maar er wordt ook nog gekeken naar de PEFC.

Volgens NTT Co. ziet men de brandstofcel in de VS in eerste instantie als een oplaadsysteem voor een batterij, terwijl in Japan de brandstofcel meer wordt gezien als directe energiedrager in een toepassing.

In Figuur 20 is te zien dat naarmate het aantal Wh toeneemt, het volume van de PEFC en de DMFC relatief minder snel toenemen dan dat van de Li-ion batterij.

Vanaf een bepaald aantal Wh gaan de PEFC en de DMFC minder ruimte in beslag nemen ten opzichte van de Li-ion batterij. Dit is het break even point (BEP). De PEFC en de DMFC hebben ieder een eigen BEP ten opzichte van de Li-ion batterij.

Volgens Dr. Yoshimo Kubo (NEC R&D) is NEC erin geslaagd om een brandstofcel te ontwikkelen die net iets groter is dan een normale batterij. Hij heeft dezelfde vorm met het verschil dat er nog een platte plaat, namelijk de brandstofcel, aan vast zit. De huidige energie capaciteit van de Li-ion batterij is 130 Wh/kg. Dat van de brandstofcel ongeveer 1300 Wh/kg.

De opslag van de waterstof vindt plaats in koolstof-nano-tubes, hetgeen op dit moment de meest geavanceerde methode is om waterstof in op te slaan.

De marktprijzen zullen niet zo heel veel hoger zijn dan die van de Li-ion batterijen, aangezien die ook niet erg goedkoop zijn. Er zal hoogstwaarschijnlijk met methanolcapsules gewerkt worden die vervangen worden als ze leeg zijn. De infrastructuur voor deze methanolcapsules moet nog worden aangelegd. Dr. Ir. Ishizawa van NTT doet momenteel onderzoek naar de veiligheid van de methanolcapsules en hoe deze het best verpakt kunnen worden. Er wordt haast gemaakt met het definiëren van standaarden, aangezien commercialisatie van brandstofcellen nu dus voor de deur staat.

### **De Japanse overheid**

De overheid in Japan is actief bezig met het initiëren en steunen van het ontwikkelen van brandstofcel-gerelateerde technologieën. Begin vorig jaar werd er door de regering besloten een brandstofcelcommissie in te stellen. De commissie bestaat onder meer uit drie afgevaardigden van het Ministerie van Economie Handel en Industrie (METI), het Ministerie van Land Infrastructuur en Transport (MLIT) en het Ministerie van Milieu. De commissie zal tussen februari en mei 2003 meerdere malen bij elkaar komen om de lijnen uit te zetten voor het verder ontwikkelen en het vermarkten van de brandstofcel. Dit gebeurt onder leiding van de vice-minister van METI. Het bestaan van deze brandstofcelcommissie laat duidelijk zien dat de Japanse regering een gecoördineerde aanpak inzake de brandstofcel als een strategisch belang voor het land ziet.

#### *Enkele praktische brandstofcelprojecten in Japan:*

– Het “Nationale Millennium Project” is al 2 jaar bezig. Het zal tot 2004 worden doorgezet en het heeft tot doel om regelgeving, maatstaven en internationale standaarden vast te leggen op het gebied van testmethoden, brandstofkwaliteiten, veiligheidsnormen en duurzaamheid. Er zijn tientallen bedrijven bij betrokken en

verschillende overheidsinstanties.

– MLIT is in het voorjaar van 2002 gestart met een infrastructuurtest op het eiland Hokkaido. Doel is het aanleggen van een eenvoudig opslag- en transportsysteem van dekalin (een in vloeibare staat verkerende brandstof met een hoog waterstofgehalte) voorgesteld door Prof. Massaru Ishikawa, catalyst chemistry of Hokkaido University. Vanuit de overheid werd 60 miljoen yen (460.000 euro) aan het project toegekend. Huizen worden bevoorrad door middel van tankwagens. Bij de huizen zijn brandstofcellen geplaatst, gebruik makend van dekalin. De productietechnologie van dekalin uit gas is ontwikkeld door Prof. Ishikawa.

– METI wil voor promotiedoeleinden een grand prix race voor auto's met brandstofcellen houden in 2006, in samenwerking met de autofabrikanten en lokale overheden.

– METI, MLIT en Ministry of Education (ME) hebben Hokkaido gekozen als plaats om co-generator systemen te testen door ze te gebruiken voor praktische doeleinden zoals verwarming en airconditioning. De overheid zal deze systemen bij overheidsgebouwen installeren voor het genereren van elektriciteit en warm water. De data wordt tot 2005 verzameld om zo de knowhow te gebruiken voor installaties na 2005 in andere delen van Japan. Ook zal men waterstof tankstations bouwen om FCV's rond te kunnen laten rijden.

– NEF zal samen met 11 bedrijven co-generator systemen gaan testen op verschillende locaties in Japan, om de klimaatsverschillen en de effecten op de brandstofcel systemen daarvan te bestuderen. Onder de deelnemende bedrijven bevinden zich Ebara Co., Matsushita Electric Co., Sankyo Electric Co., Nippon Oil en Tokyo Electric Co.

– METI en MLIT zijn in Augustus 2002 gestart met een project om de CO<sub>2</sub> van thermische centrales terug te winnen en later samen met waterstof te gebruiken voor een brandstofcel. Er wordt hier methaangas omgezet in methanol dat uiteindelijk door de brandstofcel gebruikt wordt.

– De Agency of Natural Resources and Energy (ANRE), afdeling van METI, is een test gestart met de PEFC brandstofcel voor mobiele en stationaire toepassingen. Dit project is gestart in juli 2002 en zal 3 jaar duren. De regering heeft er 2,5 miljard yen ( 19 miljoen euro) in gestoken. Vijf verschillende Japanse automobielfabrikanten zullen deelnemen aan dit project. Er zullen in totaal 14 bedrijven deelnemen waaronder Showa Shell en Nippon Oil Co. Deze gaan zich meer bezig houden met de levering van waterstof voor de voertuigen.



– ANRE zal in 2003 met veiligheidstests gaan starten voor brandstofcelvoertuigen. De tests hebben als doel om de regelgeving te verbeteren. Concrete onderwerpen zijn de hoge druk waterstoftank en dan ook met het oog op geïmporteerde waterstoftanks en waarden voor waterstof.

– In 2002 werden er verschillende waterstof tankstations gebouwd. Momenteel zijn er vijf teststations in de omgeving van Tokio, maar ook in andere delen van Japan zijn er verschillende te vinden.

Zoals hierboven beschreven is er op het gebied van de brandstofceltechnologie in Japan al veel bereikt en staan verschillende brandstofcel typen op het punt om in de markt te worden geïntroduceerd. Belangrijke aandachtsgebieden voor verdere verbetering van de brandstofceltechnologieën zijn:

- Efficiency/ performance brandstofcel;
- Massaproductie technologie brandstofcel;
- Massaproductie technologie brandstof;
- Opslag en vervoer van brandstof;
- Standaardisering.

**Begrippen lijst:**

ANRE : Agency of Natural Resources and Energy

CO : koolstofmonoïoxide

CO<sub>2</sub> : koolstofdioxide

EV : Electrical Vehicle

FC : Fuel Cell

FCHV : Fuel Cell Hybride Vehicle

FCV : Fuel Cell Vehicle

FP-100F : Type PAFC van FUJI Electric

H<sub>2</sub>S : zwavelwaterstof

IHI : Ishikawajima Heavy Industries

J-Power : Japanese Power Co.

Li-ion : Lithium Ion

MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell

ME : Ministry of Education

METI : Ministry of Economy Trade and Industry

MHI : Mitsubishi Heavy Industries, Ltd

MLIT : Ministry of Land, Infrastructure and Transport

Mpa : Mega Pascal (druk eenheid)

NEF : New Energy Foundation

NGFC : Natural Gas Fuel Cell

Nox : Stikstofoxiden

NTT : Nippon Telecom and Telegraph

PAFC : Phosphor Acid Fuel Cell

PDA : Personal Digital Assistant

PEFC : Proton Exchange Fuel Cell

PEM : PEFC

Pt : Platina

SOFC : Solid Oxide Brandstofcel

**Geraadpleegde organisaties:**

*Overheidsinstellingen en organisaties:*

|   |   |
|---|---|
| Brandstofcel Development Information Center (FCDIC) | <a href="http://www.fcdic.com/">http://www.fcdic.com/</a>   |
| New Energy Development Organization (NEDO)          | <a href="http://www.nedo.go.jp/">http://www.nedo.go.jp/</a> |
| Ministry of Economy Trade and Industry (METI)       | <a href="http://www.meti.go.jp/">http://www.meti.go.jp/</a> |
| Institute of Energy Economics Japan (IEE Japan)     | <a href="http://www.iese.org/">http://www.iese.org/</a>     |

*Bedrijven:*

|  |  |
|--|--|
| Toshiba International Brandstofcel Co.                 | <a href="http://www.toshiba.co.jp/index.htm">www.toshiba.co.jp/index.htm</a>   |
| Fuji Electric  | <a href="http://www.fujielectric.com/">http://www.fujielectric.com/</a>        |
| Japanese Power Company (J-Power)                       | <a href="http://www.jpowers.com/english">www.jpowers.com/english</a>           |
| Hitachi  | <a href="http://www.hitachi.com/">http://www.hitachi.com/</a>                  |
| Tokyo Gas Co.  | <a href="http://www.tokyo-gas.co.jp/">http://www.tokyo-gas.co.jp/</a>          |
| Nippon Oil Co.   | <a href="http://www.eneos.co.jp/">http://www.eneos.co.jp/</a>                  |
| Honda Motor Co.  | <a href="http://www.honda.com/">http://www.honda.com/</a>                      |
| Nissan Motor Co.                                       | <a href="http://www.nissan-global.com/">http://www.nissan-global.com/</a>      |
| Ishikawajima Heavy Ind. Aerospace Co., (IHI Aerospace) | <a href="http://www.ihiaero.com/index-e.html">www.ihiaero.com/index-e.html</a> |
| Matsushita (Panasonic)                                 | <a href="http://www.matsushita.co.jp/">http://www.matsushita.co.jp/</a>        |
| Nippon Telegraph and Telecom. (NTT)                    | <a href="http://www.ntt.co.jp/index_e.html">www.ntt.co.jp/index_e.html</a>     |

