

2014年12月15日 全9頁

# 水素社会の兆し 現地レポート

## 世界最大規模の水素エネルギー教育研究拠点 となった九州大学

環境調査部 主任研究員 大澤秀一

### [要約]

- 大学改革を背景に、九州大学の水素関連の研究者達は、特色ある水素エネルギーの拠点づくりに踏み出した。機械システムを軸にした水素利用機械システムの統合技術の教育研究活動は、すぐに福岡県の目に留まり、現在、世界最大規模に拡大した産学官連携組織の設立に結びついた。
- 大学と産学官連携組織は協働で教育や研究開発、社会実証等を推進してきたが、広大な敷地を持つキャンパス移転などが呼び水となり、産業技術総合研究所をキャンパス内に誘致することにつながった。事業化を前提にした最先端の設備・施設が整備されたことで、基礎研究から社会実装までの機能を併せ持つ拠点になった。
- 事業者の関心も高く、大規模な産学連携施設には多数のメーカーが入居して大学との共同研究等を通して基礎研究から商品開発までを行っている。現在は、伊都キャンパスを舞台に、総合特区制度を活用したスマート燃料電池社会実証に取り組んでおり、水素社会の具現化・見える化に取り組んでいる。

低炭素社会の実現が望まれる中、エネルギーの専門家達は低炭素エネルギーの開発やエネルギーの効率的な利用法の研究にこれまで以上に熱心に取り組んでいる。本レポートでは、低炭素エネルギーの一つに挙げられる水素エネルギーを取り上げ、この分野で世界最大の研究拠点として発展を続ける九州大学を取材した内容等を紹介し、水素エネルギー社会の実現に求められる大学の役割を展望する。

### 1. きっかけは「法人化」

九州大学を含む国立大学は、2004年4月に国（文部科学省）の組織から独立し、国立大学法人となった。経営の自由度が高くなった国立大学法人は、組織変更や予算分配、企業や自治体との連携にこれまで以上に柔軟に取り組むことができるようになった。また、同時に国民（納税者）の理解と信頼を得るため、研究人材や地域資源を活かした独自性の発揮や、社会的な存在意義の確立にも一層の努力が求められることになった。このような大学改革を背景に、九州大学の水素関連の研究者達は、特色ある水素エネルギーの研究拠点づくりに踏み出した。

図表 1 九州大学が関係する水素・燃料電池の事業・組織等

年度、年月	事業、組織等
2003～2007年度	「水素利用機械システムの統合技術」(文部科学省事業)
2004年4月	「水素利用技術研究センター」設立
2004年8月	「福岡水素エネルギー戦略会議」設立
2005年10月	「福岡水素エネルギー人材育成センター」設立
2006年7月	産業技術総合研究所「水素材料先端科学研究センター」(HYDROGENIUS)設立
2008年4月	「稲盛フロンティア研究センター」設立
2009年3月	「公益財団法人水素エネルギー製品研究試験センター」設立
2009年8月	「水素エネルギー国際研究センター」設立(水素利用技術研究センターの改組)
2010年4月	大学院工学府「水素エネルギーシステム専攻」設置
2010年12月	「カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所」(I <sup>2</sup> CNER)設立(文部科学省プログラム)
2012年1月	「次世代燃料電池産学連携研究センター」(NEXT-FC)設立
2013年4月	九州大学水素材料先端科学研究センター(HYDROGENIUS)設立
2014年8月～2015年3月	「スマート燃料電池社会実証」(国際戦略総合特区「グリーンアジア国際戦略総合特区」)

(出所) 各種資料から大和総研作成

もともと、九州帝国大学工科大学（現在の九州大学工学部）は、地域の石炭鉱業の隆盛を背景に、1911年（明治44年）に開校された歴史を持つ<sup>1</sup>。およそ1世紀を経て、今度は石炭と正反対（炭化水素比が極めて大きい石炭と限りなくゼロに近い水素）の性質を持つ水素エネルギーに取り組むことになったことは因縁深い。

## 2. 原点は機械工学

最初の取組みは、卓越した研究拠点（Center of Excellence）の形成を目的とする、文部科学省21世紀COEプログラム事業<sup>2</sup>に採択された、村上敬宣（むらかみゆきたか）・九州大学教授（当時）が申請した、「水素利用機械システムの統合技術」（2003年度～2007年度）である。事業を開始してからすぐに、研究活動の強化と継続性を担保するために、「水素利用技術研究センター」組織を発足（2004年4月）させ、文部科学省の支援で新キャンパス（以下、「伊都キャンパス」という。）に水素利用技術研究センター棟を完成（2006年3月）させた。

プロジェクトを申請した当時は、日本、米国、ドイツ、カナダを中心に水素エネルギーに関する研究が進められていたが、水素利用に伴う安全問題を含めて統合的視点から研究に取り組

<sup>1</sup> 九州大学総合研究博物館ウェブサイト「[石炭コーナー](#)」（2014年10月閲覧）

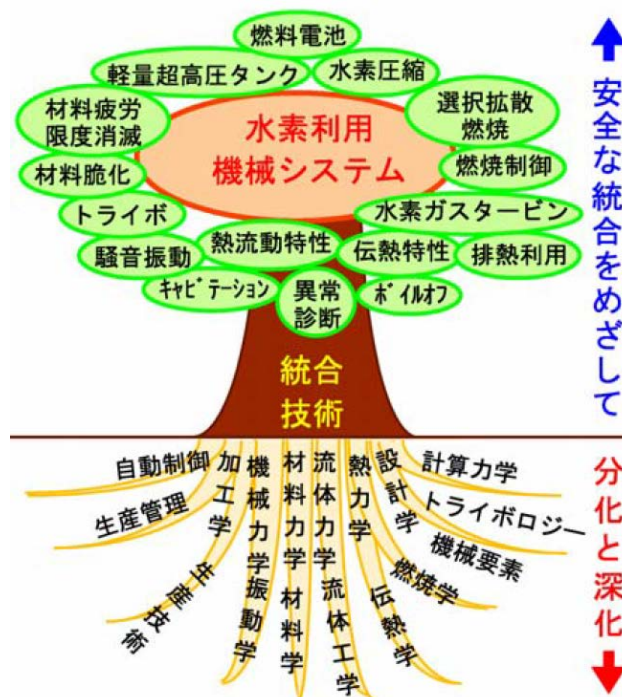
<sup>2</sup> 「21世紀COEプログラムは、『大学の構造改革の方針』（平成13年6月）に基づき、平成14年度から文部科学省の事業（研究拠点形成費等補助金）として措置されたものです。

我が国の大学が、世界トップレベルの大学と伍して教育及び研究活動を行っていくためには、第三者評価に基づく競争原理により競争的環境を一層醸成し、国公私を通じた大学間の競い合いがより活発に行われることが重要です。このプログラムは、我が国の大学に世界最高水準の研究教育拠点を形成し、研究水準の向上と世界をリードする創造的な人材育成を図るため、重点的な支援を行うことを通じて、国際競争力のある個性輝く大学づくりを推進することを目的としています。」（日本学術振興会「[21世紀COEプログラム事業](#)」）

んでいる拠点はなかったという。そこで、機械工学を中心とし、航空宇宙工学、エネルギー科学、材料工学、化学工学、安全工学の協力の下、水素利用機械システムの統合技術を確立する研究拠点を形成することを目的とした特色ある教育研究活動が始められた（図表 2）。水素利用に関する安全評価技術、水素利用技術、水素供給技術の各要素技術を統合する手法の研究と実践及び、異分野も含めた技術を統合できる能力を有する人材教育が行われ、金属材料の疲労強度への水素の影響などで顕著な研究成果をあげた<sup>3</sup>。また、学生数や学位授与者数も増加し、産業界にも多くの人材を輩出した。

2009 年からエネファームの名称で水素を燃料とする家庭用燃料電池の販売が始まった。水素エネルギーの利用技術や安全技術のみならず、社会受容性の向上も必要となったこともあり、国際競争力の強化などに対応する必要から、水素利用技術研究センターは、「水素エネルギー国際研究センター」に改組（2009 年 8 月）された。また、プロジェクトの中心となった機械系では、2010 年 4 月に大学院工学府に「水素エネルギーシステム専攻」を誕生させ、水素エネルギー技術を柱とする環境共生型エネルギー技術の基礎学理を習得した技術者・研究者の育成に取り組んでいる。

図表 2 水素利用機械システムの統合技術



（出所）日本学術振興会「21 世紀 COE プログラム 平成 15 年度採択拠点事業結果報告書（水素利用機械システムの統合技術）」2008 年 12 月

<sup>3</sup> 日本学術振興会「21 世紀 COE プログラム 平成 15 年度採択拠点事業結果報告書（水素利用機械システムの統合技術）」2008 年 12 月。

大学の研究は高度化と専門化に伴い分化と深化が進み、異分野との連携や社会とのつながりが希薄になっていくこともあるが、上記プロジェクトは、機械工学が本来持つ統合的視点が活かされ、広い視野を持つ教育研究の実践につながったと言えよう。また、当初から、新しい社会システムの構築に必要な安全性・信頼性の評価を含めた機械システムの統合的研究を目指したことが、地域社会の関心を集めることにもつながったと言えよう。

### 3. 地域の理解で社会実証が始まる

「水素利用機械システムの統合技術」は地域振興を構想する麻生渡・福岡県知事（当時）の目に留まった。2004年8月、九州大学と福岡県が中心となり、環境にやさしい水素エネルギー利用社会の実現に向けた「福岡水素エネルギー戦略会議」（現会長は、柳川欽也・新日鐵住金株式会社代表取締役副社長）が設立されることになった。728の企業・機関が会員となる全国最大規模の産学官連携組織である（2014年10月6日現在）。大学等研究者や日本を代表するエネルギー関連企業、自動車関連企業、地元中堅・中小企業、NPO法人に至る多様な会員が、水素の製造、輸送・貯蔵、利用に係る研究開発や情報交換、水素エネルギー産業の育成、水素社会の実証、人材育成に取り組んでいる。

社会実証は、「福岡水素戦略（Hy-Life プロジェクト）」<sup>4</sup>の名の下、これまで福岡県、九州大学、北九州市を舞台に3つのプロジェクトが実施されている。第1弾は「福岡水素タウン」（2008年開始）で、糸島市の150世帯を対象にLPガスを燃料とする家庭用燃料電池を設置して省エネルギー効果などを検証している。家庭用燃料電池を、100世帯を超える規模で集中設置するのは、世界初の取組みであった。

図表3 九州大学水素ステーション



（出所）九州大学水素エネルギー国際研究センター

<sup>4</sup> 福岡水素エネルギー戦略会議ウェブサイト「[実証活動](#)」（2014年10月15日閲覧）

第2弾は「水素ハイウェイ」(2009年開始)で、燃料電池自動車・水素エンジン車(以下、「FCV等」という。)の走行を可能とするため、伊都キャンパス(福岡市西区元岡、図表3)と北九州市八幡東区東田(ひがしだ)の2か所に水素ステーションを整備・運用している。

第3弾の「北九州水素タウン」(2011年開始)では、北九州市の一般住居や商業施設、公共施設に水素パイプラインを敷設し、定置形燃料電池等の燃料として、隣接する新日鐵住金株式会社八幡製鉄所の副生水素を利用する、世界初の次世代型水素エネルギーモデル都市が実証されている。

産業界の人材育成を支援するため、国内唯一の水素関連人材育成機関「福岡水素エネルギー人材育成センター」(渡邊浩之 校長・トヨタ自動車株式会社顧問)も設立(2005年10月)した。講師には企業の経営者や九州大学の研究者等が就き、水素エネルギー関連企業や新規参入を目指す企業の経営幹部や技術者、大学生・大学院生等を対象に「経営者コース」、「経営者(燃料電池自動車)コース」、「技術者育成コース」を提供している。

大学が研究拠点づくりの早い時期に自治体と事業者等の理解と信頼を得たことは、当時の大学総長や首長、経営者等が地域の将来ビジョンを議論した努力の賜物であろう。2011年4月に就任した小川洋・福岡県知事も、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」<sup>5</sup>をとりまとめた水素・燃料電池戦略協議会の委員の一人として参加するなど理解は深い。これら一連の活動と大学のキャンパス移転のタイミングが合ったことなどが奏功し、広大なキャンパス内に我が国を代表する公的研究機関を誘致することにつながった。

#### 4. 伊都キャンパスに公的研究機関が設立される

九州大学は2005年10月から伊都地区(福岡市西区及び糸島市)の伊都キャンパス(敷地面積275万㎡)へ移転を開始した。2019年までに福岡市内の箱崎地区、六本松地区、原町地区のキャンパスを統合する計画で、移転完了時には、18,700人(学生15,500人、教職員3,200人)が通勤・通学する見込みである<sup>6</sup>。

独立行政法人 産業技術総合研究所(以下、「産総研」という。)は2006年7月、九州大学と設備・研究者・予算を共有した全面的な連携のもと、「水素材料先端科学研究センター」(略称:HYDROGENIUS、ハイドロジーニウス、村上敬宜 センター長・九州大学理事・副学長(当時))を設立した。産総研の研究施設が国立大学内に設置された初めての事例である。研究体制は、金属材料研究部門、高分子材料研究部門、トライボロジー研究部門、物性研究部門、安全評価研究部門の5部門で構成され、九州大学内や外部の研究機関<sup>7</sup>、企業<sup>8</sup>と連携し国の施策を支える研究開発を実施している。

同センターは、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、「NEDO」という。)

<sup>5</sup> 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」、経済産業省ニュースリリース(平成26年6月24日)。

<sup>6</sup> 「九州大学 伊都地区フレームワークプラン2014」、九州大学(2014(平成26)年9月)。

<sup>7</sup> 佐賀大学、KHK、JHFC、HySUT、JPEC、JARI、JAMA、NIMS、CERIなど。

<sup>8</sup> 横浜ゴム、日本合成化学工業、NOK、岩谷ガスなど。

の「新エネルギー技術開発プログラム」の一環として「水素先端科学基礎研究事業（2006～2012年度）」に参加し、燃料電池の燃料である水素を高圧化または液化した状態で輸送・貯蔵する場合に発生する金属材料の水素脆化（水素との接触で金属材料が脆くなること）やトライボロジー（摩擦、摩耗、潤滑）の研究を行った。2013年4月からは、九州大学が研究体制を継承し、「九州大学 HYDROGENIUS」（杉村丈一 センター長・九州大学教授）として NEDO の「水素利用技術研究開発事業（2013～2017年度）」に参加している。2020年以降の FCV 等の本格普及と水素供給インフラの整備に向けて、安全性と経済性を両立する国内規制の適正化や国際標準化、FCV や水素ステーション関連機器向けの使用可能鋼材の高性能化、関連機器・システムの低コスト化等の研究開発を進め、安全で経済的な水素利用の開発と国際競争力強化への貢献に取り組んでいる。

水素脆化の研究では、世界で初めて 120MPa（約 1,200 気圧）の高圧水素疲労試験機（図表 4）を作製・運用し、得られたデータをステンレス等の水素構造材料データベース（材料強度データベース、破面・組織データベース、水素拡散データベースの 3 種類）にまとめて国内の事業者や研究者等に公開している。この他、高圧水素中における Oリング（断面が円形の環状パッキン）の破壊モードの評価・解析や（図表 5）、軸受け、バルブ、シール摺動材料の水素トライボロジー特性の試験技術の確立、水素の高温高圧領域における物性測定等の研究が行われ、事業者の製品設計や安全評価への活用が図られている。

図表 4 120MPa 水素ガス中疲労試験機



（出所）大和総研撮影

図表 5 高圧水素中のゴムシールの挙動例



（出所）大和総研撮影

高圧水素を取り扱う製品の耐久性試験施設として、伊都キャンパスから近い糸島リサーチパーク（糸島市富）内に、「公益財団法人 水素エネルギー製品研究試験センター」（略称：HyTReC、ハイトレック）が立地されている。HyTReCは福岡県が中心となり2009年3月に設立した施設で、ガス環境下で使用する水素関連製品（バルブ、センサー、ホースなどの他、運輸用・水素ステーション用の水素貯蔵容器等）の耐久試験装置が設置されている。また、耐久試験で判明した技術的課題はHYDROGENIUSにフィードバックされ、課題解決が図られることもある。

伊都キャンパス周辺は、自治体と産業界、大学等が協力して「九州大学学術研究都市構想」が推進されている。2004年10月に発足した「財団法人九州大学学術研究都市推進機構」（略称：OPACK。現在は公益財団法人）が、九州大学を中心とした研究機関等の知的資源を活かし、産学官の連携や企業・研究機関等の立地促進等のための調査検討、情報提供等を行っている。伊都キャンパス周辺は、研究系、産業系、商業系、住宅系の区画整理事業や産業団地の開発が進んでおり、産学連携に取り組む企業が入居を始めている。

## 5. 大規模な産学連携研究施設が開所

経済産業省イノベーション拠点立地支援事業（「技術の橋渡し拠点」整備事業）に九州大学が提案した「次世代燃料電池産学連携研究施設」が採択（2011年6月）されたことを受け、当該施設の管理運営組織として「次世代燃料電池産学連携研究センター」（略称：NEXT-FC）が設立（2012年1月）され、2013年6月に施設が開所された。次世代燃料電池は、家庭用から業務用、産業（大規模発電等）用までの幅広い用途が期待されている固体酸化物形燃料電池（以下、「SOFC」という<sup>9</sup>。）のことで、NEXT-FCはSOFC等に関する世界初の集中研究所である。共通技術基盤として世界最先端の観察装置が整備されており、製品化に重要なSOFCの劣化メカニズムの解明や長寿命化技術の開発が行われている。具体的な研究課題等は公開されていないが、およそ18の材料メーカー<sup>10</sup>、システムメーカー<sup>11</sup>、エネルギー供給事業者等<sup>12</sup>と複数の大学<sup>13</sup>が入居している。

SOFCは、電解質にイットリア安定化ジルコニア（強固なジルコニア（ $ZrO_2$ ）に酸化イットリウム（ $Y_2O_3$ ）を添加し、結晶構造をより頑健にしたもの）を用いている。電極の過電圧ロスで発生する良質な高温排熱（1,000℃程度）を利用することで他の燃料電池よりも発電効率が高いとされる。電極に希少金属の白金触媒を用いないこともコストメリットの一つとして挙げられる。高温の動作環境にはデメリットもある。膨張係数の異なる部材の接合部では、起動・停止時に繰り返される昇温・降温の熱サイクル耐性や連続運転時の高温耐性、熱応力による部材の劣化に対する耐久性（10年間程度の連続運転の性能維持等）の獲得が課題の一つとされている。国

<sup>9</sup> SOFC：Solid Oxide Fuel Cell

<sup>10</sup> 京セラ株式会社、TOTO株式会社、日本ガイシ株式会社、日本特殊陶業株式会社、株式会社村田製作所、日揮触媒化成株式会社など

<sup>11</sup> 三菱日立パワーシステムズ株式会社、日産自動車株式会社、アイシン精機株式会社、三浦工業株式会社、住友精密工業株式会社、株式会社デンソー、矢部川電気工業株式会社、マツダ株式会社など

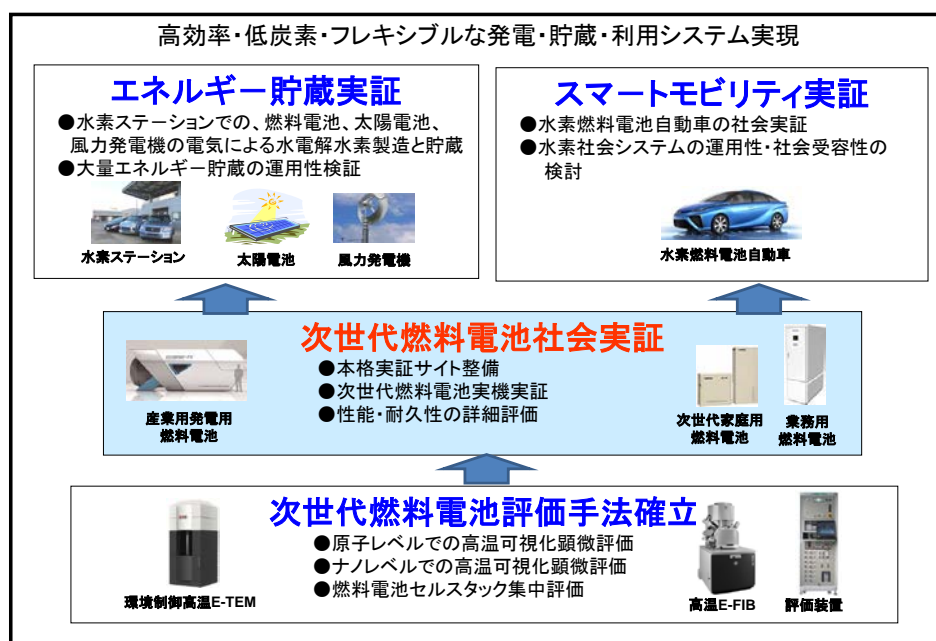
<sup>12</sup> JX日鉱日石エネルギー株式会社、東京ガス株式会社、西部ガス株式会社など

<sup>13</sup> マサチューセッツ工科大学（米国）、インペリアル・カレッジ（英国）、チューリヒ工科大学（スイス）など

内では、小規模な出力ながら、これらの課題を克服した SOFC を用いた定格出力 700W の家庭用 コージェネレーションシステム（発電ユニットに排熱利用給湯暖房ユニットを組み合わせ）が、2012 年 4 月に発売されている<sup>14</sup>。

NEXT-FC の今年度（2014 年度）の目玉となる施策は、福岡県と北九州市、福岡市が共同で推進しているグリーンアジア国際戦略総合特別区域<sup>15</sup>における「スマート燃料電池社会実証」である。NEXT-FC が実施主体となり、伊都キャンパスを実証フィールドにして水素社会の具現化・見える化に取り組む<sup>16</sup>。国の総合特別区域推進調整費（文部科学省所管の総合特区推進国立大学法人運営交付金の措置）の 17 億 5 千万円を活用して、NEXT-FC に先端分析機器を導入し、家庭用燃料電池（発電出力 1kW 程度）の普及拡大と、業務用（同 5kW 程度）及び産業用発電用（同 250kW 程度）の本格的な市場投入につなげることを目指す。さらに SOFC 実機による伊都キャンパスの系統電力との連携、再生可能エネルギーからの水素製造と貯蔵、燃料電池自動車からの電気供給などの実証も同時に行い、世界初の水素社会モデルの構築を目指している（図表 6）。

図表 6 「総合特区を活用したスマート燃料電池社会実証」全体像



（写真は機器のイメージ）

（出所）グリーンアジア国際戦略総合特区「特区調整費を活用して大規模な次世代燃料電池社会実証を実施！～次世代燃料電池を核としたエネルギー社会の実現を加速～事業説明資料」（平成 26 年 8 月 19 日発表）

NEXT-FC は燃料電池分野で世界と戦うイノベーションハブに位置付けられている。入居企業は大学研究者や実験設備等の研究資産を共有し、時には異なる業種との間で電池製品やシステム、

<sup>14</sup> 大阪ガスプレスリリース「[家庭用燃料電池（SOFC）の開発完了および「エネファーム type S」の販売開始について](#)」（2012 年 3 月 13 日）。

<sup>15</sup> 国の「総合特区制度」による規制の特例措置等を活用して、環境課題対応先進国として我が国が培ってきた都市環境のインフラ関連産業や技術をアジアの諸都市に提供するとともに、グリーンイノベーションを推進してアジアの活力を取り込み、アジアとともに成長することを目指している。（「[グリーンアジア国際戦略総合特区](#)」ウェブサイト、2014 年 10 月 17 日閲覧）。

<sup>16</sup> 「[スマート燃料電池社会実証](#)」、九州大学プレスリリース（2014 年 8 月 19 日）。



技術仕様を交換しながら、切磋琢磨して日々成長できる環境に置かれている。燃料電池分野で、国際競争力を生み出す産学官連携コンソーシアムとして注目していきたい。

## 6. 世界最大規模の教育研究拠点に発展

ここまで代表的な研究組織や関連施設等を取り上げてきたが、九州大学には他にも燃料電池を研究テーマの核に据えた国際連携組織「[カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所](#)」<sup>17</sup>（略称：I<sup>2</sup>CNER、アイスナー）や、水素等の次世代エネルギー等を研究する未来科学研究組織「[稲盛フロンティア研究センター](#)」<sup>18</sup>などにおいても水素エネルギー関連の研究が展開されている。拠点づくりに必要な機能を持つ組織や施設の構築を順次進めてきた結果、最初の取組み（文部科学省 21 世紀 COE プログラム事業）からおよそ 10 年間で集積した研究者数は 300 名を超え、延べ床面積も 13,000 m<sup>2</sup>となり、九州大学は世界最大規模の水素エネルギー教育研究拠点になった。

## 7. 将来展望

現在、伊都キャンパスでは、今年度中に始まる、グリーンアジア国際戦略総合特別区域の「スマート燃料電池社会実証」に必要な設備・施設の整備が進められている。一方、大学で拠点づくりを進めている中心人物の一人からは、水素エネルギー社会の実現に求められる大学の最も重要な役割は人材育成であると、冷静な意見を聞くことができた。学外からは、燃料電池や水素ステーション等の設備・施設等、直接、目で見えることに関心が高い。しかし、かつての石炭エネルギーを引き合いに出すまでもなく、事業化に数十年以上の期間が必要なエネルギー分野で重要なことは、長期的な視点の人材育成であることを印象づける意見である。既述したように、九州大学は、産業界向けに 2005 年 10 月から「福岡水素エネルギー人材育成センター」において、また学内では 2010 年度から大学院工学府「水素エネルギーシステム専攻」で人材育成を進めている。これからも九州大学から統合的研究能力を持つ人材が多く輩出され、エネルギー問題の解決と低炭素社会の実現に貢献していくことに期待したい。

## 謝辞

甲野貴裕・水素エネルギー国際研究センター産学連携研究員には、取材先の選定から面談設定までご協力いただきました。栗山信宏・九州大学教授には研究内容や実験装置等について詳細な説明をいただきました。佐々木一成・九州大学教授には教育研究拠点の戦略や水素エネルギー社会の将来構想等について丁寧にご説明をいただきました。レポートの作成にあたり、九州大学及び福岡県、北九州市の職員の方に多大なご協力を賜りましたことにつきまして、改めて御礼申し上げます。

<sup>17</sup> 文部科学省が 2007 年に開始した、「[世界トップレベル研究拠点プログラム \(WPI\)](#)」の一つで、I<sup>2</sup>CNER の研究組織は 2010 年 12 月に設立され、研究施設は 2013 年 1 月に開所された。

<sup>18</sup> 財団法人稲盛財団及び京セラ株式会社の支援により、2008 年 4 月 1 日に設置された。