

# ビジネス情報 2018 年度ダイジェスト版

松本治彦

1. 地下資源の現状と将来？
2. バイオ燃料の現状と将来性？
3. 新エネルギー（バイオ以外）の現状と将来性？
4. 蓄電池、特にリチウムイオン電池とその将来性？
5. レアメタルの確保は？
6. 水ビジネスの将来性？
7. 燃料電池と水素社会はいつ？
8. 炭素繊維の現状と将来性？
9. 宇宙産業の将来性？
10. 農業の将来性？
11. GPS・位置情報
12. 5G と Society5.0
13. 量子コンピューター
14. 自動運転
15. 人と人工知能
16. IoT
17. AI スピーカー

資料は、主に新聞記事を抜き出したものです、これをもとに、私の簡単な説明の後には、それぞれのテーマについて各自で内容を確認し、理解を深めてください。授業の後半は、グループごとにディスカッションしてください。ここでは、各自のテーマに関する内容の理解度を確認してください。さらに、興味を持った事柄について話し合い、理解を深めてください。また、要点整理の授業では、それまでのテーマについて、グループで討議を行い、それをもとに、テーマごとにレポートを提出してください（次回の授業の始めに提出する）。

## 1. 地下資源の現状と将来？

### シェールガス・シェールオイルを中心に

(非在来型ガス：シェールガスなど)

従来のガス田ではない場所にある新型ガス田から産出される天然ガス。泥土が堆積した

頁岩層にある「シェールガス」、石炭層に含まれる「炭層ガス」、砂岩に含まれる「タイトサイドガス」がある。従来技術では開発が難しかった。シェールガスの場合、岩盤内に水平に井戸を掘り、高圧の水などを注入する採掘技術の開発で産出コストを低下した。

### 日経 2018.3.6 米シェール、6年で74%増、IEA 石油生産予測、市況回復で弾み

国際エネルギー機関（IEA）は5日発表した2023年までの石油市場見通しで、米シェールオイルの生産が23年に17年比で74%増の日量780万9000バレルになるとの見通しを示した。23年に米原油生産全体（天然ガス液など含む）も約3割増の日量1690万1000バレルに拡大。世界で米国産原油の影響が強まるとした。

「シェール革命の第2波が続いており、米国だけで世界の（原油生産）成長の約6割を占める」。IEAのファティ・ピロル事務局長は同日の会見で、当面、米国の原油生産は活発な状況が続くとの見方を示した。IEAは想定以上にシェール勢を中心とする米原油の増産ピッチが速いことなどから、米原油生産量の予想を17年に比べ大幅に上方修正。原油市況の回復や生産性改善でシェールの増産に弾みが付き、23年まででシェールオイルだけで日量332万バレル増えると予想する。同期間で世界の原油生産増加分（日量640万バレル）の半分以上をシェールが占める。

米国で石油増産が進むと世界市場の需給悪化が懸念されるが、ピロル事務局長は「既存の油井は年平均で日量300万バレル枯れている。底堅い原油需要に見合う開発投資は十分ではない恐れがある」と話した。世界同時の景気拡大などで、石油需要は23年に17年比7%増の日量1億470万バレルになる予想。自動車向けガソリン需要の伸びは鈍化するが、石油化学向け原油需要が堅調に伸びる見通しだ。一方、石油会社が投資効率を重視していることを背景に、17年の大型油田など従来型原油の開発は過去最低水準の日量400万バレルを割り込んだという。IEAは投資が需要に追いつかなければ、将来的に原油市況の変動が激しくなりリスクが高まるとしている。

### 日経 2018.2.25 米、原油生産世界一へ、シェール増産しやすく、今年、市場「ロシア抜く可能性」

米国は2018年に世界最大の原油生産国になる可能性が出てきた。17年はロシア、サウジアラビアに次いで3位だった。生産コストが下がり、今の原油価格で利益が出るようになったシェールオイルを増産。18年は平均で日量1000万バレルを超え、首位のロシアを抜く勢い。米国の原油増産は、石油輸出国機構（OPEC）を中心とした協調減産に影響を与え、国際市況を左右する。・・・

### 日経 2018.1.31 次世代エネ日本と協力、脱・原油へ水素製造、サウジアラムコ社長会見、株式公開「年後半メド」

サウジアラビアの国営石油会社サウジアラムコのCEOは、石油販売への依存度を減らす

ため、原油から水素を取り出す技術で日本企業と協議に入った。アジアで石油化学工場などへの投資を加速。史上最大規模となる新規株式公開（約 11 兆円）は、2018 年後半をめどに実行すると明言。アラムコは世界の原油生産の 1 割近くを握り、売り上げの大半を原油販売に依存。

英仏が将来のガソリン車販売を禁じる方針、脱化石燃料の流れが加速。そこで、温暖化ガスを排出しない水素の利用拡大に向け「原油から水素を取り出す技術の実用化を日本企業と議論している」と述べた。・・・

#### **日経 2018.1.31 サウジの改革左右、自ら率先、外資誘致、アラムコ、脱原油依存、アジア開拓へ体制整備、海外でガス田開発**

石油市場で圧倒的な存在感を保ってきたサウジアラビアは、グローバル化や社会の近代化への要請を受け、国を作りかえる大がかりな改革に着手した。・・・

#### **日経 2018.1.26 大型火力、リストラの波、三菱日立パワー、独で人員 3 割減、再生エネ台頭映す**

#### **日経 2018.1.7 石油需要、いつ頭打ちEVシフトで分析相次ぐ、20～30 年代予測分かれる**

今後 5～20 年で世界の石油需要が頭打ちになる。こんな石油ピーク論が再び勢いを増している。英国やフランスを筆頭に EV への大胆なシフトが進むほか、シェア経済などの構造転換が広がるためだ。EV の技術開発等ハードルもあってピーク論には懐疑的な声も多く、産業界を巻き込んだ分析が活発になっている。

#### **日経 2017.2.10 シェール巡る日米の思惑**

・・・エネルギーでも「米国第一主義」を掲げるトランプ大統領は、米国での原油、天然ガスの増産に意欲的。しかし、シェール革命により過去 10 年で米原油生産は 1.8 倍、天然ガスも 1.4 倍に増加。在庫は減らない。「トランプ氏のエネルギー強化策に液化天然ガス（LNG）の輸出も含まれる」（エネルギー長官リック・ペリー）。豊富な米国内のシェールガスをさばくためにも、トランプ政権として LNG 輸出を後押しする構えだ。

#### **2016.3.12 日経 中国、天然ガス発電拡大、石炭火力 50%以下、30 年メド、環境投資、5 年で 180 兆円、企業はコスト増、警戒**

中国の習近平指導部は大規模な大気汚染対策に乗り出す。環境負荷の小さい天然ガスを燃料とする発電所を増やし、現在は 64%の石炭火力依存率を 2030 年をめどに 50%以下にするほか、石炭火力にも最先端技術を導入して有害物質の排出を抑える。ガソリンなどの品質向上などにも取り組み、20 年までの第 13 次 5 か年計画では官民合わせた総投資額が 10 兆元（約 180 兆円）規模に膨らむ見込み。

#### **2014.12.1 日経 シェール革命、米石油生産に存在感**

2013年の生産量は日量1000.3万バレルと世界3位。上位3か国の顔ぶれは不動だが、10年前と比べると、米国の生産量は36%と大幅に増え、首位のサウジアラビア（同14%増で日量1152万バレル）や2位のロシア（同25%増で日量1078万バレル）を追い上げている。シェールオイルの増産に加え、新興国・欧州の景気減速による需要減で石油供給は過剰感が強まっている。原油価格も **OPECが11月27日の総会で原油減産を見送った**ため、1バレル70ドルを割り込み、約4年半ぶりの安値水準となっている。

**2014.7.14 日経 欧州、シェール商用生産、まずポーランド、年内めど、ガス、脱ロシア依存、仏独は開発禁止の姿勢、地下水汚染の懸念強く**

英国も開発を促進する法整備を急いでいる。ポーランドで回収可能なシェールガス資源は欧州一の148兆フィートで、米国の2割強。欧州はガス供給の約3割をロシア産に依存。

**2013.2.14 日経「シェール革命の影響下、石油供給増、産油国に難題、技術進歩で資源不足懸念薄れ力関係が変化、米とカナダのエネルギー政策が世界に影響、国家主義的な南米諸国も政策転換の可能性、外資誘致競争激化も」**

いわゆる「開発困難な石油」の掘削が可能になり、世界の市場は様変わりしつつある。開発困難とは、採掘技術が高コストあるいは複雑であったり、政治的または地理的条件により採掘が難しかったりすることを意味する。特に米国のシェール層の生産が急増し、今後も有望と見込まれる状況は、産油国の政策当局にとって新たな難題となっている。

原油需要が伸び悩む中で新たな供給源が登場したことで、資源不足を懸念する必要性が薄れ、力関係が変化し始めている。その結果、近年過激な国家主義的資源政策を実施してきた一部の政府も、外国からの投資を呼び込むために政策の見直しを迫られている。

**2013.2.13 日経「シェール革命の影響上、買い手優位、世界で顕著に、米輸入縮小が響きロシア産ガスがアジアへ、シェール革命の影響は東アジアでも最も顕著、消費エネルギーの一定量は自分で賄う必要、LNG 価格は正を急げ」**

昨年1年間で「シェールガス革命」や「シェール層開発」の認知度が高まった。シェール（頁岩）とは、地質学的には泥岩の一種で、その隙間は100万分の1ミリメートル。メタンの分子サイズは1000万分の1ミリメートルで、泥岩の隙間の10分の1の大きさ。一般にガスはその分子の10倍程度の隙間では移動性に乏しくシェール層内に滞留する。これがシェール層に封じ込まれていたシェールガスで、近年米国で本格的に実用化された水平掘りと水圧破砕により、地上に取り出すことが可能になった。シェールガスの登場は既存のガス供給国間の利害関係や消費国との関係を根本的に変えたといつてよい。シェールガス開発の影響はまず、米国のエネルギー需給に変化をもたらした。

米エネルギー省が昨年7月に発表した2012年版「年次エネルギー見通し」では、05年に60%程度であった石油の純輸入比率は11年には49%に低下、35年には36%と予測。00

年前後の年次エネルギー見通しでは20年時点の石油の純輸入比率は60%程度になるとみていたが、シェール層開発が石油自給率の大幅な改善をもたらした。天然ガスについても11年の純輸入比率は11%だったが、20年過ぎには需給が均衡し、35年には5%程度の純輸出に転じるとみられる。米国のシェール層開発が国際エネルギー情勢に及ぼす影響は既に顕在化している。1990年代後半に米国はガス需要の増加を北米での供給増では充足できず、2000年代初めには消費量の約10%を輸入で賄うに至った。その時点では、将来の需要を充足するには大量のLNG輸入が不可欠とみられ、全米各地にLNG輸入ターミナルの建設が計画された。エネルギー見通し04年版でも、米国の25年のLNG輸入量は1億トン以上に膨らむと見積もられていた。しかし、その後本格化したシェールガス生産により、これらの建設計画の大方は雲散霧消した。その一方で、ガス生産国（カタール、ナイジェリア、トリニダード・トバコ、赤道ギニア）は、米国のLNG輸入を当て込んで生産能力を大幅に拡張した。しかし米国との契約に至らなかったため、大量のLNGを長期契約以外の形態で取引せざるを得なくなった。米国に持ち込めなかったLNGはスポット（臨時取引）市場に流れ、主に欧州市場で売買されている。シェールガス開発の本格化と軌を一にして起きたことは、LNG取引の買い手市場化である。中でも欧州のガス・電力会社がロシアからの長期契約ガスの取引をやめて、スポットLNGに切り替えたことが象徴的。こうした玉突きの結果、最も重要なのは、ロシア産ガスの行き先が欧州からアジアにシフトしつつあること。

一方、中国は06年にLNG輸入を開始。そして09年末にはトルクメニスタンから天然ガスの輸入を開始、11年11月には600億立方メートルまで増産することで合意。中国の転々ガス需要は90年の147億立方メートルから、00年に245億立方メートル10年には1076億立方メートルに増加。さらに20年には3800億立方メートルに増える見込み。中国は環境対策面から天然ガスの導入を重点的に進めており、これからもその方向性は変わらない。20年のガス需要の内訳に関しては、在来型国内天然ガス生産が2000億立方メートル、シェールガスが1000億立方メートル、コールベッドメタン（石炭層に含まれる天然ガス）とLNG輸入合わせて800億立方メートルという絵が描かれている。11年4月に米エネルギー省がまとめたリポートによると、中国のシェールガス資源量（回収可能量）は、世界最大の36兆立方メートルに達する。第2位は米国の24兆立方メートル、第3位はアルゼンチンの22兆立方メートル、以下メキシコ、南アフリカ、オーストラリア、カナダの順。中国のシェールガス開発は世界のエネルギー需給のみならず、地球温暖化対策の方向性に大きな影響をもたらす。

シェールガス革命がもたらした地殻変動が最も顕著で、今後さらに先鋭化するとみられるのが東アジアである。東アジアには今3つの大きなガス供給の波が押し寄せようとしている。ロシア産ガスの東方シフト、シェールガス開発を背景とした北米産LNGの流入、中国のシェールガス国内開発の3つである。これらに日本のメタンハイドレート開発が加わり、2020年代にはこの4つの大きな流れが均衡点を模索することになると予想される。

このうち北米産LNGは、今月6日に東京電力は三菱商事と三井物産を通じて年間80万

トン を 17 年 から 輸入 する 計画 を 発表 。 輸入 の み なら ず 、 LNG プロジェクト の 権益 確保 も 進んで おり 、 中部 電力 ・ 大阪 ガス 連合 、 三井 物産 ・ 三菱 商事 連合 、 住友 商事 ・ 東京 ガス 連合 の 3 プロジェクト は 、 合計 で 最大 輸出 能力 3000 万 トン の LNG プロジェクト に 参画 し ている 。 こう し た 大 き な 流れ の 中 で 、 今後 日本 が 目指 す べき は 国際 LNG 価格 体系 の 是正 で ある 。 日本 の 天然 ガス の 調達 コスト は 12 年 9 月 に は 、 100 万 BTU ( 英国 熱量 単位 ) 当 たり 単価 で 米 国 の 天然 ガス 指 標 価格 ( ヘンリー ハブ ) の 6 倍 に 達 し た 。 その 後 は や や 沈 静 化 し ている が 、 エネルギー 輸入 金額 の 増加 は 貿易 収支 悪化 の 一 因 と な っ て いる 。

日本 の LNG の 調達 コスト が 高 い 理由 の 一 つ は 、 天然 ガス パイプ ライン 網 が 未 整備 で ある こと 。 も う 一 つ は 、 量 の 確保 を 優先 し て 長期 契約 を 採用 し ている こと で ある 。 同 契約 で は 原油 価格 連動 方式 が 採用 さ れ て おり 、 シェール ガス 革命 に よる ガス 価格 低下 の 影響 を 享受 でき ない 。

LNG 取引 の 決済 価格 に は 今日 、 合理的 な 価格 体系 の 再 構築 が 求め ら れ ている 。 そう し た 中 で 、 韓国 は 米 国 産 LNG を 基地 の 出口 で 買 う 方向 で 交渉 し ている 。 その 場合 、 取引 価格 は 米 国 の 市場 価格 に 液化 コスト を 上 乗 せ する 形 で 決め ら れ る 。 結果 的 に 、 韓国 の 北 米 産 LNG 導入 が 東 アジア 向け の LNG 価格 体系 見直 し の 契機 と なる 可能性 が 高 い 。

前述 し た 東 アジア に おける 4 つ の 大 き な 流れ の 均衡 点 を 模索 する に 当た っ て は 、 日本 が 自 前 資源 を 持 つ か 否 か に より 、 その 地 政 学 的 意味 は 大 き く 変 わ る 。 北 米 産 LNG の 輸入 確保 は ロシア に 対 する 牽制 球 と な り 、 ロシア 産 ガス の 輸入 は 中 東 ・ アジア の 既存 LNG 供給 者 に 対 し て 大 き な 価格 是正 圧力 と なる 。 そ し て 何 よ り 日本 が ガス 価格 交渉 で 一定 の 発言 力 を 確保 する に は 、 需要 全体 の 10% で も 自 前 の 資源 を 持 つ こと が 必要 。

エネルギー ベスト ミックス は 結果 に おける 絶妙 な バランス の 実現 で は なく 、 消費 する エネルギー の 一定 量 に つい て は あ ら ゆ る 手段 を 講 じ て 自 分 で 賄 う と い う 戦略 意思 に 関 わ る 問題 に 他 なら ない 。

日本 は 天然 ガス 調達 の 選択 肢 が 少 なく ない こと を 十分 に 認識 し 、 かつ そう し た 立場 を 強化 する ため に も 、 エネルギー 自 給 率 の 改善 を も た ら す メタン ハイドレート の か い は つ を 確 実 に 進 め る こと が 重要 。 今年 1 月 28 日 、 JOGMEC は 「 ちきゅう 」 を 用 い て 、 愛 知 県 渥 美 半 島 沖 で 海洋 産 出 実 装 実験 に 着 手 。 同 事業 で は 準備 作業 を 終了 し 、 メタン ハイドレート 分解 に よる ガス 生産 実験 が 実施 さ れ る 。 着 実 な 成果 が 上 が る こと を 期待 し たい 。

### **2013.2.7 日経「シェール革命、米の影響力一段と、世界の構図、変える可能性、マネーの流れ・産業競争力・安全保障、日本、安定調達に生かせ」**

シェールガス と 呼 ぶ 新 型 資源 の 登場 が 世界 に 「 革命 」 を 起 こ し ている 。 資源 国 と し て の 米 国 の 台 頭 は エネルギー 需 給 だ け で なく 、 マネー の 流れ や 産業 競争 力 、 安全 保障 の 構 図 も 変 え る 可能性 を 秘 め ている 。 エネルギー 資源 を 輸入 に 頼 る 日本 は この 変化 に 向 き 合 い 、 安定 調達 に 生 か し て い かな け れ ば なら ない 。

### **2013.1.16 日経「シェール革命の波に乗れ」**

米国のガス価格はアジア価格の5分の1。日本の電力・ガス会社が産ガス国と10～20年の長期契約で結ぶ価格は原油連動が主流。世界一高い日本のLNG価格の引き下げは緊急の課題。日本が原油連動の値決めを採用したのは、1970年代、当時の発電燃料は約7割が石油で、補完燃料だったLNGは何の疑問もなく原油相場の連動で決まった。

### **2012.12.18 日経「シェールガス欧州で遅れ、フランスなど、環境懸念で開発慎重、資源大手、アフリカに活路」**

フランスのオランド大統領は自分の任期中はシェールガスの開発許可は出さないと発表。ブルガリアは法律で禁止、欧州議会も安全性が確認されるまで開発はやめるべきとの立場、ドイツやスペインも慎重で「環境重視」という奥州の伝統が色濃い。

### **2012.12.6 日経「石油の商業生産、あと41年OK、シェールは対象外、実際はもっと長く」**

石油鉱業連盟は5日、世界のエネルギー資源に関する調査結果を発表した。従来手法で生産する在来型石油を商業ベースであと何年生産できるかを示す可採年数は2010年末で41年となり、前回調査よりも(05年末時点)3年伸びた。在来型天然ガスの可採年数は47年と4年縮まった。調査は北米の「シェールオイル」など非在来型資源が対象外のため、実際の可採年数はこれらより長くなる。10年の世界の生産量は293億バレルと5年前から微減。中東や南米などで新規油田の開発が進み、生産の確実性が高い量を示す確認埋蔵量は1兆2千億バレルと8%増えた。未発見油田などを含む石油の総量は約3兆3千億バレルと9%増え全体が枯渇するまでの年数は73年と5年伸びた。天然ガスも確認埋蔵量が増えたが、需要も大きく拡大した。10年の生産量は5年前より17%増と埋蔵量の伸びを上回り可採年数が短縮。未各県分などを含む資源量が枯渇するまでの年数は84年。米国のシェールガスの増産もあり、資源量はさらに多いとみられる。

### **2012.11.5 日経「資源が競争力を変える、米の革命生かせるか」**

オバマ大統領は、再生可能エネルギーに傾斜した当初の政策を後退させ、今はグリーンではなくクリーンなエネルギーの比率向上を目標とする。

### **2012.9.6 読売「シェールガス、米外交追い風、露・中東弱まる支配力、同盟国に広く分布」**

天然ガスはこれまでロシア、イラン、カタールに世界の半分以上が埋蔵されているとみられていた。つまり、反米的な国家や不安定な中東に偏在していた。米軍が中東に駐留し、湾岸戦争、イラク戦争を戦ってきたのも石油やガスの確保と無縁ではない。しかし、国内のエネルギー事業の好転は中東の重要性を相対的に低下させる。米国がアジア・太平洋地域に重心を移し始めた背景には、そんな事情もある。シェールガスは北米や南米、欧州に広く存在する。その多くは米国の同盟国を含む。この点もロシアと中東の支配力を弱める

意味で米国にとって追い風。当てが外れたロシア。イランの天然ガスに対する需要が減り、米国は制裁の継続が容易になる。

### 2012.8.19 日経「原発に変わる電力は、石炭の技術力世界に」

古くて汚れたイメージで見られる石炭の技術が日本のエネルギー戦略のカギとなる可能性がある。横浜港に近い J パワーの磯子火力発電所は、「超々臨界圧」と呼ぶ発電設備を 2 基備えている。蒸気の温度と圧力を極限まで高め、石炭火力で世界最高の熱効率を達成した。タービンの回転はマッハの速度、煙突には、煙の影もない。石炭は原油や LNG に比べて価格が安い、環境への影響が弱点とされ、二酸化炭素の排出量が多く、排気も問題視される。日本では火力は LNG が中心。原発事故後に LNG の輸入価格が跳ね上がり、日本の経営赤字の最大の原因になっている。世界情勢は違い、米国やドイツは、石炭の比率が 45% と高い。中国は 80%、インドも 70% と新興国では比率が高く、アジアでは今後 20 年間で石炭火力が 2 倍以上増える予測される。国内の脱原発依存と海外の石炭依存。

### 2012.7.12 日経「エネルギー戦略、迫られる大転換下、シェールガス革命、注視を、再生エネ、拡大に時間、日本は効率改善牽引を」

ポイント；エネルギー供給は 20～25 年で約 35% 増必要、天然ガス（LNG）は技術革新と資源規模で大幅増、20 年後のエネルギー構成は大きく変わらず

世界経済を支えるエネルギーミックス（組み合わせ）の将来はどうなるのだろうか。数年前には、この 2 つの基本的な質問への答えは明らかなように見えた。だが、今日では不確実性が大幅に高まり、質問の持つ意味は一段と重くなっている。東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて新たなエネルギー政策の構築に悩む日本にとっては、特にそういえるだろう。さらに、イラン制裁の本格化も、この状況を一層切迫させている。確実に言えることは、世界経済の拡大に伴いエネルギー需要は増大するということだ。世界経済は今後、20～25 年で現在の 2 倍の規模に達するだろう。エネルギー供給量は約 35% の増加が必要。

日本では原子力の扱いとエネルギー政策の基本方針を巡り、困難な議論が展開されているが、原発事故の影響は広く全世界に及んでいる。事故以前は原子力発電が世界的に拡大する、いわゆる「原子カルネサンス」が世界各国で展開され、多くの国が原子力の導入拡大に積極姿勢を見せていた。だが、事故以後、状況は大きく変わり、国によって政策が異なる「原子力パッチワーク」状態である。事故に直ちに反応したのはドイツだ。電力の 4 分の 1 を原子力に依存していたが、2022 年までに段階的な脱原子力を果たす方針を打ち出した。一方、隣国のフランスの原子力依存度は引き続き 75% を上回っており、今後はその電力をドイツに輸出するという。米国は新規原発 4 基の建設計画を承認し、中国は原発の大幅増を計画 중이다。全体としてみれば、30 年代になっても原子力は電力供給の重要な担い手であり続けるだろうが、電力市場に占めるシェアは縮小する見通しだ。再生可能エネルギー



ギーは大幅に伸びている。日本は、米国が太陽光発電に消極的になった 1990 年代にも開発に努めてきた。今日では太陽光及び風力発電技術の成熟度は高まっており、グローバル規模の大きなビジネスに成長している。とはいえ、エネルギー産業全体から見れば、まだささやかなものだ。太陽光発電のコストは技術進歩、原料のシリコン価格低下、中国の生産能力拡大などを背景に、劇的に下がっている。それでも太陽光、風力ともに、実用面では政府の補助金頼みが現状だ。日本は再生可能エネルギーの導入を推進するだろうが、欧州と米国では景気低迷と財政緊縮から補助金は減少傾向にあり、導入にブレーキがかかりそうだ。その結果、再生可能エネルギーは発電量の点では成長が期待できるが、なお一層の規模の拡大が必要なうえ、風量や日照に依存するため発電量の変動が大きいという問題も解決しなければならない。今後、世界のエネルギー市場でシェアを増やすと見込まれるのは天然ガス。理由は技術革新と資源規模の 2 つ。今世紀のエネルギー分野の最大の技術革新は、規模に関する限り間違いなく米国のシェールガス。四半世紀にわたり開発が続けられてきたが、ここ数年急激に存在感を増してきた。米国は 08 年まで、日本と同じく LNG の主要輸入国になると考えられていた。だが、ガス採掘技術の進歩で、北米は今や天然ガスでは供給過剰の状態。米国の天然ガス価格は現時点で日本の 6 分の 1 以下。安価なエネルギーを持つことは、世界経済における米国の競争優位に他ならない。米国のエネルギー市場で、天然ガスは他のエネルギー資源に対抗する強力なライバルにのし上がった。米国もカナダも数年以内に LNG の輸出国となる見通し。シェールガスは北米以外にも存在する。「IHS CERA」によると、欧州と中国には北米を上回る埋蔵量がありそうだ。ただし、開発は北米よりもかなり遅れそうだ。その一方で、アジア市場への供給を目指して、オーストラリアを中心に新規の大型 LNG 開発プロジェクトも進行中。東アフリカの沖合やイスラエルの沿岸域などでも大規模な天然ガス田が発見されている。以上から、天然ガスは世界のエネルギー市場におけるシェアを一段と拡大すると結論付けられる。

予想で、石炭の産出量も少なくとも増え続ける見通しだ。中国とインドなど新興国で電力需要が急伸しているためだ。石炭燃焼に伴う二酸化炭素の発生に備え、新技術の開発が急務であろう。

では、現在世界エネルギー需要の 33%を満たし、輸送燃料では圧倒的シェアを誇る石油はどうなるのか。数年前には世界の石油供給は先細りになるという『ピークオイル論』が信じられていた。だがその後、新たな有望油田の発見や技術進歩により、この懸念は遠のいている。さらに、シェールガスの採掘技術が「タイトオイル（高密度の岩盤層に貯留された石油）」の掘削にも応用されるようになった。数年前に始まったばかりだが、米国では生産量が 4 年間で 25%も増え、すでに劇的なインパクトをもたらしている。このほか、カナダのオイルサンド（石油を含む砂岩）の生産量は今世紀初頭以来 3 倍に増えている。またブラジルは深海掘削技術の進歩により、今世紀末までには世界のエネルギー供給大国になると見込まれる。だが石油に関しては、次の 2 点を忘れてはならない。第 1 は、将来の供給事情を決めるのは単に資源量や技術だけではない。資源政策や税制など政府の施策、

**政情不安、地域紛争が生産量や時期を左右する。第 2 に、輸送燃料としてのほぼ独占的地位を維持できるかどうかという疑問。**ガソリンエンジン車のライバルとして電気自動車が

注目されており、バッテリー技術の継続的な進歩が今後のカギを握りそうだ。ただマスマーケット商品として成功するかどうか**見極めるためには、後 5 年～10 年を要する**だろう。

エネルギーミックスにとって**非常に重要なエネルギー「資源」**がもう一つある。通常は資源と考えられないもの、すなわち資源の保存、エネルギー効率の改善。この分野で日本は世界のリーダーであり「もったいない」精神は、世界各国のお手本となっている。原発事故を受け、日本はエネルギー効率の改善にイノベーション（技術革新）や創造性を一段と発揮し、世界に与える影響力を強めていこう。

最後に、総合的なエネルギーミックスを展望する。**エネルギー効率の改善**により、世界**経済が 2 倍に拡大**しても、**エネルギーは 35%増**えれば十分になると見込まれる。再生可能エネルギーは大幅に伸びるが、20 年後のエネルギー市場に占めるシェアは従来予想ほどは拡大しないだろう。新興国の急速な需要増を受け、在来エネルギーについては、原子力のシェアが 2 年前に予想されたほどには拡大しないこと、その一方で天然ガスは引き続き拡大することは確実と言える。このように**20 年後のエネルギーミックスは現在の姿からそう大きく変わるまい**。世界のエネルギー消費量が巨大な規模に拡大していること、生産・発電施設や設備類の寿命が長いこと、新技術の登場までにはなお長い時間を要することが、その理由である。従って現在起きている様々な変化や、これから登場するかもしれないイノベーションの本当のインパクトが実感できるのは**30 年以降**になろう。そのときこそエネルギーミックスは大きく様変わりし、未来のエネルギー源が一角を占めるようになる。

#### 2012.6.1 日経「天然ガスから軽油など製造、石油代替燃料、米で事業化進む、価格低下、シェルも検討」

新型天然ガス「シェールガス」ブームに沸く米国で、安価で豊富なガスを原料にした石油代替燃料「ガス・ツー・リキッド（GTL）」の生産を目指す動きが広がってきた。南アフリカのエネルギー大手サソールが米南部で事業化調査に着手。英蘭ロイヤル・ダッチ・シェルも検討を始めた。

GTL は、天然ガスから化学変化で合成油を作り、石油製品に加工。ナフサや灯油などの液体燃料としての用途がある。世界最大の石油消費国である米国では、特に輸送部門の石油依存度が高い。米国で GTL の生産が本格化すれば、自動車燃料の選択肢の多様化につながるだけでなく、原油の海外依存の低下に貢献するとみられている。サソールは、同社の石油化学プラントがあるルイジアナ州レイク・チャールズを候補地に事業化調査を始めた。生産能力は日量 4 万 8 千バレルから同 9 万 6 千バレルの 2 案を検討し、投資額は最大 100 億ドル。2013 年春をメドに最終的な投資判断を下す。

シェルはテキサス州からルイジアナ州を候補地としてプラント建設の検討に入った。中東カタールに持つ世界最大の GTL プラント「パール GTL」に匹敵する日量 14 万バレル程

度の生産能力を想定。投資総額は100億ドルを上回るとみられる。米国では00年代に入ってシェールガス開発が本格化した結果、ガス価格が大幅に下落。推定埋蔵量も豊富で、価格は当面低位安定するとの見方が多いため、生産拠点としての魅力が高まった。

サソールやシェルが、ルイジアナ州やテキサス州でGTLプラントの建設を検討するのは、大型のシェールガス田が近くにあるため。メキシコ湾沿いの地域で、軽油など製品の一部について、欧州や中南米への輸出を検討していることも理由の一つとされる。サソールのデイビッド・コンスタブル最高経営責任者（CEO）は米国生産の見通しについて「事業化調査の結果待ちだが、非常に有望」と述べ、前向きな姿勢を示している。GTLは製造工程が複雑でプラント建設など初期投資のコストがかさみ原料となるガス価格や、競合する原油価格の動向が事業化のカギを握る。このため商業生産がおこなわれているのはカタールなど3か国にとどまる。

### 2012.5.17 日経「シェールガス革命、米国から世界へ、解放されたエネルギー」

世界の天然ガス埋蔵量を2倍に増やすとされる新型ガス「シェールガス」が世界のエネルギー地図を塗り替え始めた。米国発のガス革命は暮らしや企業活動を変え、マネーも動く。中東の石油を軸とした安全保障の枠組み論議も揺らいでいる。

1年で半値に

「本当に助かるわ」。4月下旬、米ボストン市郊外の主婦、キャシー・リンチさんが顔をほころばせた。地元ガス会社が家庭向け料金下げを発表した。値下げをもたらしたのは地下1500m超の岩盤に眠るシェールガス。2000年代に米国で生産が本格化し、ガスの米市場価格は1年で半値に下落。家庭向け料金下げは「ガソリン高に伴う家計負担増の3分の1以上を相殺する」。ガス安は企業も潤す。鉄鋼大手USスチールは高炉の燃料を石炭から割安な天然ガスに替えはじめた。民間試算によると米製造業のコスト減効果は年116億ドル。化学大手ダウ・ケミカルなど製造業の国内回帰が相次ぐ。テキサス州フリーポート。広大な敷地にそびえる液化天然ガス基地は米国への輸入拠点として稼働したが、国内生産急増で輸入ガス需要が消滅。運営企業は輸出基地への転換を決めた。米国は16年にLNGの純輸出国になる見通しで、輸入依存を前提とした常識は覆ろうとしている。革命のうねりは石油に広がる。米国中央の大平原、グレートプレーンズ。ノースダコタ州は空前の石油ブームに沸く。シェールガスの技術を応用したシェールオイルの生産が本格化し同州の原油生産量は5年で3倍に増加。全米の原油生産も増加に転じ、石油の海外依存度は45%に低下した。

関連 M&A

新興国が台頭し始めた00年代。原油自給逼迫が世界経済を圧迫するとのピークオイル論が再燃したが「技術革新が不安を杞憂（きゆう）に変えた」。環境汚染などの懸念を抱えながらも革命は世界に広がろうとしている。中国内陸部四川省では試掘田が姿を現している。英蘭ロイヤル・ダッチ・シェルと中国石油天然気集団（CNPC）が10年に始めたシェール

ガスの現場。原油の海外依存度が 6 割に迫る中国にとって、米国を上回る埋蔵量のシェールガス実用化は「経済の死活問題」。自給への思いはアルゼンチンなどを開発に駆り立てる。米 HIS ヘラルドによると、世界の新型ガス関連の M&A（合併・買収）は 11 年に 750 億ドルと最高になった。技術確保を狙うアジア勢による北米企業買収が目立つ。恩恵は身近にある。「ガス革命がなければ停電は不可避であった」。東日本大震災後の電力危機で LNG を緊急調達できたのは、ガス革命で世界的な供給過剰に陥っていたため米国の約 7 倍のガス価格が下落すれば電力料金を抑えられる。エネルギー調達の選択肢も増える。全原子力発電所が止まった日本にとってガス革命の意義は小さくない。

米エネルギー情報局によるシェールガス推定埋蔵量は、中国 1275、米国 862、アルゼンチン 774、南アフリカ 485、オーストラリア 396、ポーランド 187、英国 20 兆立方フィートとなっている。

#### 2012.5.17 日経「シェールガス革命、米発電燃料に変革迫る、原発・再生エネに逆風」

新型の天然ガス「シェールガス」は米国の発電構成に変化をもたらしている。安価で豊富なガスの供給見通しを受け、電力会社は燃料を従来の「主役」石炭などからガスに転換。原子力発電所の新設や、風力など再生可能エネルギーの普及にも影響を与えつつある。米エネルギー情報局（EIA）によると、2011 年の発電構成は石炭が 42%と 5 年前から 7 ポイント低下。ガスは同 5 ポイント上昇し 25%になった。35 年には石炭が 39%、ガスが 27%となり、差は一段と縮まると予想。ガス革命の進展は米国で一時高まっていた原発の新設熱も奪いつつある。米政府は今年、34 年ぶりに原発新設を認可したが、原発の建設コストはガス火力発電所 5 倍に達する。東京電力福島第 1 原発事故を受けた安全対策の強化でコスト増が避けないうえ、ガス価格低下で原発の売りである運転コストの安さも魅力が薄くなる。オバマ政権は原子力を主要なエネルギー源とする政策を堅持しているが、13 年度の予算案では過去 2 年間求めていた新設支援のための債務保証枠の増額要求を取り下げた。原発新設の減速を見越して「現実路線」に舵を切ったとの見方が有力だ。太陽光など再生可能エネルギーにも逆風が吹く。米マサチューセッツ工科大学（MIT）のヘンリー・ジャコービ教授らは、1 月に発表した論文で、ガス革命が再生可能エネルギーの普及や、二酸化炭素を回収して地下に貯蔵する技術の実用化などを遅らせるとの懸念を示した。再生可能エネルギーは、温暖化ガスを排出しないなどの利点があり、民間投資はなお増加傾向にある。ただ「ガス価格の低位安定が続く限り風力、太陽光などの再生可能エネルギーは（コスト競争力）太刀打ちできない」との見方も浮上。米国で太陽光発電関連企業の破綻が相次いだ背景には、ガス革命によるマネーの流れの変化があるとの指摘もある。

#### 2012.4.21 日経「シェールガス革命、企業動かす、米国内に生産回帰、ダウ・ケミカル、世界最大級の工場」

シェールガスの生産拡大が続く米国で、関連記号が大型投資に動き始めた。米化学大手

ダウ・ケミカルは海外投資を見直し、米国に世界最大級のエチレン工場を作る。ロイヤル・ダッチ・シェルも米国での工場建設を検討中。シェールガス革命が製造業の国内回帰を促し、米国経済に構造変化をもたらす可能性がある。

#### **2012.4.13 日経「天然ガス、日米価格差 9 倍」**

ニューヨーク先物市場の天然ガス価格が約 10 年ぶりに百万 B T U（英国熱量単位）あたり 2 ドルの大台を割った。供給量が大幅に増えているため。一方、日本の天然ガス輸入価格は高値が続いており、単純に比較した日米間の格差は約 9 倍に拡大。

#### **2012.4.10 日経「シェールガス、石炭市場に波及、米大陸産輸出が安値主導」**

米国の電力会社は増産で価格が異常な安値にある天然ガスの調達を増やし、一般炭を削減。石炭会社は売れなくなった米国向けをアジアに安値で振り向か始めた（米国、コロンビアの石炭会社）。この影響でアジア価格が下落し、日本でも石炭を見直す声が出始めている。

#### **2010.10.4 読売「シェールガス 市場に革命、岩盤に含有、新技術で掘削、開発参入、価格下落」**

天然ガス的一种である「シェールガス」が、天然ガス市場に「革命」を起こしつつある。世界の天然ガス価格が下がり、ガス田権益の取得交渉でも産ガス国の態度が軟化している。資源小国・日本にとってはエネルギーの調達先を増やすチャンスといえる。

「革命」は約 10 年前、米国で掘削技術が確立したのにはじまる。垂直に掘った井戸を岩盤内で水平に延ばし、水圧で岩盤に割れ目を作ってしみ出したガスを取り出す手法。採掘費用は在来型天然ガスより高いが、米国内の産出地はヒューストンなどの需要地に近い。中東などから調達する手間を考えると、テキサス産形質油（W T I）が 1 バレル＝70 ドル程度であれば、採算も取れるため生産量が急増している。2009 年には米国はロシアを抜いて世界最大の天然ガス生産国になった。日本の商社も米国でシェールガス開発に相次いで参入している。住友商事が 2009 年 12 月、テキサス州で権益を獲得、三井物産も今年 2 月、ペンシルベニア州で大規模な権益を取得した。三菱商事や双日も続いている。

シェールガスは岩盤を砕く際に化学薬品を使い、環境への悪影響が懸念されている。

問題点：シェールガスの生産コストは採掘の条件が良ければ、既存のガス田とほぼ同等とされる。可採埋蔵量が増したことで、天然ガスは当分、安値が続くと予想される。温暖化対策にも影響を与える。米国は 5 割、中国は 8 割の電力を石炭で発電する。天然ガスが安くて潤沢なら、石炭からの転換が進む可能性が大きい。逆に、天然ガスに比べてコスト高の再生可能エネルギーの普及には、ブレーキがかかる恐れがある。

課題もある。シェールガスの弱みは水だ。水圧破碎に大量の水が必要だ。水資源に余裕

がないと開発が難しい。また、砂混じりの水を地下に押し込むため潤滑用の化学物質を混ぜる。これが環境問題を引き起こす可能性が指摘されている。米国では、ペンシルベニア州のお隣のニューヨーク州が、シェールガス開発にモラトリアム（一時停止）を宣言した。飲用の地下水の汚染を心配している。一時のブームだと冷めた見方もある。革命の行く末が世界のエネルギー事情を左右するのは確か。

### (メタンハイドレート)

天然ガスの主成分メタンと水でできた氷状の結晶。「燃える氷」とも呼ばれる。水の分子が結びついたカゴの中にメタン分子を閉じ込めた構造をしている。深海底や永久凍土層のような低温高圧の環境で作られる。不安定で気化しやすく、深海からの採掘コストも高額なため、安全で安価に利用するための技術開発を、国が進めている。

#### **日経 2017.3.16 次世代エネ 50 社連携、メタンハイドレート、千代田化工、日揮など、技術開発に新組織**

次世代の国産エネルギーとして期待されるメタンハイドレートの商業化に向けて約 30 社が連携する。千代田化工建設や日揮などが参加する専門家組織を 4 月に立ち上げ、海底掘削などの技術開発を急ぐ。政府も協力し、2023 年以降の商業化を目指す。原子力や LNG に代わる新エネルギーの商業化で世界的な主導権を握りたい考え。

メタンハイドレートは海底の地層にあるが、商業化には抽出や輸送などのコスト面の課題がある。新しい組織では掘削や輸送に必要な技術や、コスト抑制策といった情報を参加企業間で共有。必要な技術を持ち合う企業同士の連携に結びつける。専門組織の新設は政府の総合海洋政策本部の有識者会議が近くまとめる提言に盛り込み、安倍首相にも提案する見通し。月内にも国内の関心企業に参加を呼び掛ける。4 月に第 1 回会議を開く予定。化石燃料を中東などからの輸入に頼る日本は、主要国の中で最もエネルギーの自給率が低い。国産のエネルギー確保という意味で、メタンハイドレートに期待する見方は根強い。日本が掘削や調査を自由にできる排他的水域内に、国内で消費する LNG の 100 年分に相当するメタンハイドレートが眠っているとの試算もある。これまでも JOGMEC が海底から取り出す試験掘削実験を手掛けるなど開発に取り組んできたが、商業化にはコスト面など課題も多い。ここ数年で下落した原油価格など、ほかのエネルギーの動向次第で、商業化が難しい可能性もある。今回の組織新設を受け、技術開発面で世界をリードし、商業化に弾みをつける構えだ。

#### **2015.1.3 日経 日本海側調査 10 か所超、来年度に埋蔵量把握、経産省、23 年以降、商業化にらむ。**

経産省は 2015 年度に、埋蔵量調査を本格化させる。調査海域に北海道周辺の 2 海域を新たに加え、8 海域に拡大する。採取を伴うサンプル調査も 10 か所超に増やす。23 年度異教の

商業化をにらみ、エネルギーの輸入依存からの脱却を目指す。

より正確な埋蔵量が確認できれば、日本のメタンハイドレート開発は大きく前進する。太平洋側に眠るメタンハイドレートを含め、15年度以降は、資源を低コストで採掘する技術開発などを加速させる。経産省は米アラスカ州政府と連携し、同州で間炭ハイドレートの低コスト掘削技術を向上させる試験もこのほど始めた。

#### **2014.12.25 日経 メタンハイドレート確認、新たに4海域746カ所**

25日、経産省は埋蔵量調査結果を発表した。昨年度の225カ所に加え、上越沖、日高沖など4つの海域で計746カ所でメタンハイドレートの存在が新たに確認された。今回調査したのは「表層型」と言われるもので、海底付近にメタンハイドレートが固まっている。14年度は上越沖や日高沖、隠岐の島周辺、秋田・山形県沖の4海域で、昨年度の2倍近い面積を音波で調査した。さらに、上越沖と秋田・山形沖では海底の地質を実際に採取するサンプル調査も実施した。この結果、海底の表面だけでなく、地中深くにもメタンハイドレートが固まった層の存在が確認された。15年度はサンプル調査に重点を置いて日本海の表層型メタンハイドレートが固まっている埋蔵量を算出する。

#### **2013.3.13 読売 「純国産」メタンに期待、海底から初採取、効率・安定生産が課題**

12日、試験的に取り出すことに成功。地球深部探査船「ちきゅう」が、水深約1000mの海底に掘っていた井戸から試験採取に成功した。

#### **2013.2.28 日経 「18年度までに生産技術、メタンハイドレート、海洋基本計画政府が素案」**

2013～17年度までの素案をまとめた。メタンハイドレートの生産技術を18年度までに開発し、5年かけて採算の合う産業に育てる。

：天然ガスの主成分メタンと水でできた氷状の結晶。「燃える氷」とも呼ばれる。水の分子が結びついたカゴの中にメタン分子を閉じ込めた構造をしている。深海底や永久凍土層のような低温高圧の環境で作られる。不安定で気化しやすく、深海からの採掘コストも高額なため、安全で安価に利用するための技術開発を、国が進めている。

#### **2012.3.4 日経 「メタンハイドレートで資源国に？ 近海に豊富、本格利用は遠く」**

メタンハイドレートを海底から採掘するための予備試験が渥美半島沖で始まった。日本近海の埋蔵量（日本の消費量の100）年分は豊富で、国内の天然ガス需要の10年以上を賄えるとの試算もある。和歌山～静岡県沖の海底にとりわけ濃度の高い場所があり、資源量は推定5700億立方メートル。ここだけで国内の7年分を賄える計算。

メタンハイドレートの基になるメタンがどのようにして生まれたのはよくわかっていない。①動植物の遺骸などの有機物をメタン生成菌と呼ばれる微生物が分解した、②地中深くの熱で有機物が化学反応したの2説がある。

経済産業省などは、輸入天然ガス価格の数倍以内で商業生産するのは可能とみている。

それには、海底まで多くの井戸を掘り、地価の圧力を下げて、メタンだけ採る技術がカギを握るが、低コストで採掘できるかはまだ手探り。来年 1 月にも世界で初めてとなる海底からの算出実験に挑み、2018 年までに商業生産の可能性や経済性を探る。安全で環境への影響が少ない採掘法の開発といった課題もあり、本格利用は早くても 10～20 年先になりそう。

### 2011.1.30 読売「メタンハイドレート開発、掘削船「ちきゅう」投入」

石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）は、次世代資源の切り札として期待される日本近海のメタンハイドレート開発のため、海洋研究開発機構の探査船「ちきゅう」を使った海底掘削調査を 2 月 5 日から実施する。

日本近海の海底はメタンハイドレートの宝庫で、埋蔵量は国内天然ガス消費量の約 90 年分に上るとの試算もある。ただ、海底下の厳しい低温高圧環境に封じ込められ、取り扱いが難しい。採掘の際にメタンガスが異常噴出し、制御不能になるといった事故を防ぐには、事前に地質を綿密に調べ、採掘の地点や方法を注意深く決める必要がある。今回の調査では、水深 700m～1000m の海底を 100～400m くらいまで掘り抜き、ハイドレートを取り巻く層の地質構造や、掘削穴とパイプの安定性などを調べる。ちきゅうは、海底 7000m まで掘り進める、世界最高性能の掘削船。学術探査を目的に建造されたため、コンピューター断層撮影法（CT）などの高度な分析装置まで搭載し、海底地質の調査能力はとびぬけている。

## 2. バイオ燃料の将来？

### バイオ燃料

農産物や林産物など生物由来の有機性エネルギー資源。先進国に温暖化ガス削減を義務付けた京都議定書では、バイオマス（生物資源）を燃やしても二酸化炭素排出量には換算されないことが決まり、温暖化対策として注目されている。

植物原料を菌などで分解して糖にし、発酵させて得るエタノールなどの燃料。植物は光合成で二酸化炭素を吸収しているため、燃料にしても二酸化炭素を排出しないとみなされる。温暖化対策として世界的な需要拡大が見込まれ、国内でもガソリンに一定量を混ぜた燃料が販売されている。ただ、サトウキビやトウモロコシなど食料になる植物を原料にすると、穀物相場の高騰や食糧不足を招く懸念がある。今後は廃棄される茎や稲わらなど非食料を原料にする動きが主流になる見通しで、繊維成分の高効率な分解技術が求められる。

### 日経 2018.2.7 既設火力発電の二酸化炭素減、バイオマス新燃料続々、出光、木くずで 3 割代替、新日鉄住金系、農園の植物原料に

既設の石炭火力発電所の二酸化炭素排出量を減らす新たなバイオマス燃料が相次ぎ生まれている。出光興産は同排出量を最大 3 割減らせる燃料を開発し、新日鉄住金エンジニア



リングは廃棄植物から燃料を作る装置を販売する。「パリ協定」発効し、石炭火力から再生可能エネへの転換が加速する。ただ石炭埋蔵量の多い新興国などでは火力発電の需要は当面ある。経済成長に支障をきたさずに温暖化問題に対応するには、既存の石炭火力の低炭素化に取り組む動きが広がる模様だ。出光は木くずを固めて低温で炭化した新燃料を開発した。発電所で使う石炭の最大 3 割を新燃料に代替できる。バイオマスを使う現状の燃料は繊維質などがボイラーの負荷となり、混入率は 5%程度、新燃料は繊維質を減らし混入比率を高めた。2018 年度から国内の電力会社に販売する。木くずが豊富にあるタイの企業に製造を委託し、輸入する。・・・設備投資なしで二酸化炭素を減らせる利点を訴求し、海外販売も検討する。新日鉄住金エンジは東南アジアのパーム農園で廃棄される植物から燃料を作る装置を開発。鉄を引き延ばす技術を使い、不純物を搾り取って固形燃料を作る。発電所で石炭の最大 3 割を代替できる。18 年度からインドネシアとマレーシアの大手農園事業者に装置を販売し、日本向けの輸出ルートを構築する。現地企業と共同で燃料販売会社の設立も検討している。18 年度に装置販売で 20 億円以上の売り上げを見込んでいる。

**読売 2016.10.25 木質バイオマス発電拡大、相次ぎ新施設、林業活性化に期待、燃料安定調達が課題**

**日経 2016.7.8 三度目の正直なるか、藻から燃料、めざせ事業化、志と知見受け継ぐ**

**2016.3.13 日経 再生エネ税優遇拡大、バイオマスや地熱発電も対象**

経産省は2016年度から木材を燃料とするバイオマス発電と地熱発電の施設を取得する記号の税負担を軽くする。太陽光発電に比べて普及が遅れている再生可能エネルギーの導入を促し、2030年の望ましい電源構成（ベストミックス）の達成を目指す。バイオマス発電と地熱発電への投資額の30%について、通常より前倒しして費用として計上できる「前倒し償却（特別償却）」を認め、投資した年の法人税を減らせるようにする。適用期間は17年度までの2年間。従来は太陽光、風力、小水力発電設備などに限られていた。今回の措置で主要な再生エネが全て対象となる。再生エネの固定価格買い取り制度（FIT）が始まった12年~15年9月までに導入された発電設備は、太陽光が2281万kwに対し、バイオマスは34万kw、地熱は1万kw。政府は30年度のバイオマス発電の比率を全電力の4%程度と13年度の約2倍、地熱発電は1%程度と約4倍に高める方針。

**2016.2.9 日経 藻から燃料油、Jパワー、北九州に実証設備、一貫生産で二酸化炭素排出ゼロ**

5月をめどに稼働させる。飛行機のジェット燃料として使えるか検証する。まず、1日当たり40製造。一貫生産は国内初。2,030年に10当たり500円程度での生産を目指す。国際民間航空機関（ICAO）は国際線で発生する二酸化炭素を20年以降に増やさない目標を掲げている。まだ石油由来のジェット燃料よりも10倍程度高い。

**2015.12.2 日経 ミドリムシ燃料 20年実用化、ユーグレナ、航空機向け年125kl、精製コ**

## スト・安定供給課題

ユーグレナは 202 年までに実用化する。1 日、ミドリムシから搾った油を燃料に精製する国内初の設備を横浜市に建設すると発表。精製設備は 18 年前半の稼働を予定。実証プラントで作る燃料を混合し、実際のフライトで使う。石油由来のジェット燃料の 10 倍程度の価格をどう下げるか。20 年度以降は一気に量産体制を敷く構想を描く。実証設備の 400 倍以上の規模をもつ商用プラントを穿設し、海外にも大規模な拠点を設ける方向で検討。

## 2015.10.19 日経 海藻の大部分を燃料に、京大、遺伝子操作した酵母で

京都大学の植田教授らは、海藻の大部分をバイオエタノールに変える技術を開発した。遺伝子操作した酵母を使い、これまで利用できなかった成分もエタノールになり、収量が 3 倍に増える。製造コストは 10 当たり 50 円以下になる見通しで、原油安での価格競争力を持つという。2 年後の実用化を目指す。昆布の仲間クロメと呼ぶ日本海に生息する海藻を使う。クロメは簡単に増やせるという。開発した酵母はこれまで使えなかったアルギン酸という物質を分解してエタノールに変える。アルギン酸はクロメの重さの約 4 分の 1 を占める。セルロースとヘミセルロースという物質からエタノールを作る酵母はあった。ただ両方合わせてもクロメの 13% ほどにすぎない。新しい酵母を使えば、1kg の海藻から 174 グラムのエタノールが得られる見通し。新技術で作ったエタノールはトウモロコシなどの食料から作った場合と同程度の価格になる。海藻は二酸化炭素を吸収して育つため、バイオエタノールにして燃やしても二酸化炭素の総量は増えないとされる。

## 2015.2.7 読売 燃料の藻類、量産実証へ、IHI、鹿児島に培養施設

航空機燃料などに利用している藻類を量産する培養施設を鹿児島市の社有地に建設、4 月から実証実験を始める。国内最大級となる培養池（約 1500 m<sup>2</sup>）を整備し、コスト低減に取り組む。2020 年からの事業化を目指す。他の藻類に比べ、大量の油分を含み、光合成による増殖が速くて効率的に油を抽出できる「高速増殖型ボツリオコッカス」と呼ばれる藻類を培養する。現時点で、燃料 1 リットル当たり 500 円、100 円程度まで価格を下げる。

## 2012.8.20 日経「トウモロコシ、食料か燃料か。米干ばつで高騰、エタノール使用に批判」

米国を見舞う干ばつの影響で価格が高騰するトウモロコシを巡り「食料か燃料か」の議論が再燃。エタノールの使用義務付ける規制の変更を求めた。矛先は、エタノールの使用量を 2015 年に 150 億ガロン（1 ガロン=約 3.7 リットル）まで増やすよう義務付ける 07 年の規制。

## 2012.3.26 日経「原発事故を機に脚光、バイオ燃料、自治体挑む、食用海藻やメタン活用、効率・原価価格に課題、大量生産も難しく」

生物に由来する「バイオ燃料」の開発に全国の自治体が力を入れ出した。これまでは、

夢の燃料扱いだっただが、原発事故を受け、一気に実用への期待が高まっている。石油や LNG などに比べて大きく劣るエネルギー効率などをどう改善するのか。技術的な挑戦が始まった。

アカモクという海藻、日本海沿岸に繁殖、成長が早く、けし粒のような幼体が 1 年後には 4~6 メートルになる。京都府海洋センターでは、樹脂にアカモクの卵を植え、養殖によって効率よく育てる技術を確立。2012 年度、京都府は京大と共同で、これを使ったバイオ燃料の開発を始める。これは「アルギン酸」という多糖を他の海藻よりも多く含む。大量生産したアカモクのアルギン酸を特殊な菌で分解、効率よくバイオエタノールを作る技術の実用化を目指す。

バイオ燃料の開発と言えば、これまでは地球温暖化防止が狙いだっただ。震災後に関心のポイントが「特定のエネルギー源に偏るリスクが浮き彫りになり、エネルギー源の安定確保の視点が注目されるようになった」。

これまで捨てられていたバイオ燃料にも光が当たる。下水処理場などで出るメタンガス。栃木県では県央浄化センターでメタン燃焼による発電設備を 15 年度に稼働させる。年間使用電力の約 2 割を賄える。

バイオ燃料の実用化にはエネルギーの「地産地消」を促す面もある。沖縄県はサトウキビか藻類など地元の生物を使ってバイオ燃料を作り出す研究などに助成する。火力などの大規模発電に頼りづらい離島でも多様なエネルギー源を使えるようにする。

加速するバイオ燃料の開発、課題も多い。最大の問題はバイオエタノールのように製造段階で燃料を必要とするものもあり、化石燃料に比べれば効率は劣る。エネルギーの白書によると、10 年に日本国内で供給された 1 次エネルギーに占めるバイオ燃料の比率は 1.1%にとどまる。バイオ燃料はまだ玉石混交（すぐれたものと劣ったものが入り混じっていること）。普及には生産の効率性向上が求められる。

## 2010 年 5 月 22 日日経「バイオ燃料 藻類から、10 年後の実用化目標、農水省、トヨタ、中大などと共同研究、温暖化ガス排出減」

藻類で飛行機や自動車を動かす。農林水産省は企業や大学と連携し、湖沼などに生息する藻類を原料としたバイオマス（生物資源）燃料の開発に乗り出す。月内にもトヨタ自動車や中央大学などに委託する共同研究に着手。2020 年を目標にガソリンや軽油の代替燃料の実用化を目指す。産官学による新エネルギー創出の取り組みを本格化させ、温暖化ガスの削減につなげる。農水省が手掛けるのは、「シュードコリスチス」という藻類を育て内部にたまる油を取り出し、ガソリンなどに替わる燃料を精製する仕組みづくりの研究。10 年後を目標に藻類から自動車や飛行機などに使う石油の代替エネルギーを抽出、量産できる技術を開発する。国内で消費する軽油の 1~2 割を賄える体制を整えたい考えだ。このほど選定した委託事業「革新的な二酸化炭素高吸収バイオマスの利用技術の開発」にはトヨ

タやデンソーのほか、京都大学、バイオベンチャーのマイクロアルジェコーポレーションなど 9 社・大学が参画する。年内には自動車や素材など大手メーカーの技術者や大学の研究者を省内に設置する方向で検討しており、すでに三菱化学など一部とは協議に入っているという。藻類を用いたバイオ燃料の開発に乗り出すのは、従来の品目に比べて繁殖サイクルが早く生産効率が高いためだ。同省の推計では、単位面積当たりの藻類の生産量は最大で大豆の 280 倍、パームオイルの 20 倍に達する。トウモロコシなどを原料にしたバイオ燃料の需要は増大。一方で、穀物価格が高騰した経験から食物以外の実用化が急務と判断した。温暖化ガスを 20 年までに 90 年比で 25%削減する中期目標を掲げる鳩山政権の環境重視の方針に沿っている。産官学の連携強化は、海外依存度の高いエネルギー供給の構造を転換し、安定調達につなげる狙いもある。藻類を使ったバイオ燃料の開発で先行する米国では、オバマ政権が代替エネルギー技術の研究支援を拡大している。すでに軍用機の燃料を想定した実験を開始。石油大手エクソン・モービル社は、藻類による燃料生産に取り組む企業と提携。この事業に 6 億ドル以上の資金を投じて生産技術を開発するなど、官民で大型投資が相次ぐ。これに対し、日本ではデンソーや、ヤマハ発動機など一部企業や大学が研究開発を進めるにとどまっている。政府は 6 月にも閣議決定するバイオマス活用推進基本計画に「藻類を活用した資源創出を図る」との方針を明記する。産学との連携を財政面からも支援する。コストや技術面の課題をどう克服するかがバイオ燃料の実用化のカギを握る。

藻類とは；

光合成で酸素を発生させる生物で、水中に生息しているものの総称。コンブなどの海藻からミドリムシといった微細な生物まで様々。二酸化炭素を吸収し、増殖もしやすいため温暖化対策への技術利用に関心が高まっている。細胞内外に油分を含み、例えばシュードコリスチスという藻類は軽油に近い成分を持つとされる。日本のエネルギー自給率は原子力を除くと 4%にとどまっており、石油などの代替燃料での実用化が期待される。その他、家畜のえさや繊維などへの用途拡大も見込む。

### **2010 年 3 月 8 日日経「ミドリムシをバイオ燃料に」新日石、5 年内メド、低コストで量産/農地不要**

新日本石油は東京大学発のベンチャーと組み、ミドリムシを原料にしたバイオ燃料の量産に乗り出す。5 年以内に量産技術を確立し、まず航空機の燃料として供給する。食物を原料に使う通常のバイオ燃料と異なり、農地がなくても原料を効率的に生産できる点に着目。土地の広さに制限のある日本で、原料からの一貫生産が可能な「国産バイオ燃料」を実現し、将来の安定供給につなげる。新日石は日立プラントテクノロジーとともに、バイオベンチャーのユーグレナに資本参加し、共同開発に着手した。プランクトンの一種であるミドリムシを水槽やプールで人工的に培養し、長さ約 0.1 ミリメートルの体に含まれる油分を

抽出して燃料に精製する。ユーグレナはすでにミドリムシの培養技術を確立しており、新日石などと共同で研究用プラントを建設して培養規模を拡大。航空機やバスを実際に動かす実施用試験も始める。ミドリムシは培養用のプールや油があれば大量生産が可能で、単位面積あたりの生産量はサトウキビなど従来型の原料を大幅に上回る。新日石などは航空機向けの安定した需要を狙い量産技術を確立、1 リットル 0.7~0.8 ドル程度のコストで生産する。製品の価格は通常のジェット燃料よりも高くなるが、あまり差のない水準で提供したい考えだ。

### **2009年12月7日 日経「木くず・稲わら「非食料」原料、糖に、バイオ燃料の生産効率2倍、京都大学、三重大学、住商、新手法に一步、細菌、繊維ほぼ分解」**

京都大学、三重大学の研究グループは住友商事の協力を得て、稲わらや木くずの食物繊維をほぼ残らず分解し、バイオ燃料のもとになる糖に変えられる細菌を見つけた。一部の繊維成分しか分解できないかった従来法に比べ、バイオ燃料の生産量を倍増できる可能性がある。細菌のゲノム（全遺伝情報）は解読済みで、遺伝子の働きを詳しく調べて分解効率をさらに高める方法を探る。

バイオ燃料を作るには食物繊維を分解し糖にしたうえで、発酵させアルコールに変える。繊維にはセルロースとヘミセルロースお2種類があるが、両方を同時に糖にする有効な方法はなかった。京大の植田教授らは木くずなどに含まれる「クロストリジウム属菌」の一種が2種類の繊維成分を同時に分解することを見つけた。既知の菌だが、繊維の優れた分解能力を持つことを初めて見つけた。細かく砕いた稲わらを混ぜた水溶液に菌を入れると、約10日で完全に糖に変わった。この糖を発酵させてバイオエタノールを作れば、100キログラムの稲わらから約30リットルのエタノールが得られる計算になるという。従来技術では半分以下だった。現在、使われている細菌でヘミセルロースを分解するには化学薬品などで前処理する必要がある。廃液処理もあり低コスト化が難しいため、主にセルロースしか使えず無駄が多かった。研究グループは菌のゲノムデータをもとにヘミセルロースの分解に関与する複数の遺伝子とその機能を解明し、特許出願した。今後は植物の種類に合わせて最適な遺伝子の組み合わせを調べ、分解効率の向上につなげる。遺伝子をアルコール発酵に使う酵母に組み込み、植物繊維からエタノールまで一気に作る手法の実現を目指す。繊維分の多い茎や廃棄物など非食料を原料に使うバイオ燃料の製造開発には、米国なども国を挙げて取り組んでいる。

## **3. 新エネルギー（バイオ以外）の現状と将来？**

再生可能エネルギー；

## 日経 2018.1.21 再生エネ使用 2 割増、製造業、20 年度までに、投資家の選別を意識、コスト高く、欧米に見劣り

再生エネの活用を企業の評価材料とする世界の潮流が日本にも及び始めた。国内の主要製造業は 2020 年度までの 4 年間に、再生エネによる電力の使用量を 2 割増やす計画。ただ、事業で使う消費電力全体に占める再生エネ率は 20 年度でも 4%弱にとどまり、欧米に比べて見劣りする。普及を妨げている再生エネ導入コストの引き下げやインフラ網の充実が急務だ。

日経が実施した第 21 回環境経営度調査で、主要製造業 144 社が国内の自社工場やオフィスで使う再エネ使用量の計画について集計した。太陽光などの再エネ発電所から電力を直接調達するだけでなく、再エネ電気を使ったとみなすクレジット精度の活用も含む。20 年度の再エネ導入計画は合計で、16 年度実績に比べて 23.1%増の 83 億 9100 万 kw 時。再エネ率は有効回答があった 80 社の単純平均で 18 年度の 2.4%から 3.9%に上昇する。特に増加が目立ったのは精密機器や電気機器、自動車関連、食品など、海外展開が進んでいる業種だ。ソニーは 20 年度までに再エネ導入量を現在より 4 割増やし、消費電力の 1 割を再エネで賄う計画。デンソーは 20 年度までに導入量を 12 年度の 10 倍に引き上げる。環境に配慮した企業に投資する「ESG 投資」が世界で注目され、再エネの利用状況を投資判断材料にする機関投資家は増えている。再エネの利用は、製品取引や資金調達などを通し、本業の競争力に直結する時代となっている。欧米の大企業は再エネ導入で大きく先行する。再エネの発電業者から直接買える仕組みが機能しているためだ。独 BMW は再エネ率を現在の 63%から 20 年までに 100%に引き上げる。米アップルは自社拠点だけでなく、部品を調達している取引先へも再エネ電気を使うよう要請を始めた。

一方、日本企業は国内で再エネで気を調達するのが難しい。日本は再エネ電気の大半が固定価格買い取り制度 (FIT) を通じて電力会社に売られ、化石燃料で作った電気と区別せずに供給されている。買い取り価格が世界と比べて高額に設定されているために、発電事業者は、企業に売るより FIT での売電を優先、企業が直接買い付けられる量に制約がある。自前で再エネ発電設備を設置するのもハードルが高い。太陽光パネルなど発電設備の導入コストは欧州の 2 倍に及ぶ。FIT により設備の価格競争が進まず、送電線への接続費用も世界に比べて高いためだ。「欧州拠点は全量再エネを達成したが、日本ではメドが全く立たない」との声は多い。国内で再エネ電気を調達しやすくする環境整備が遅れると、日本の製造業の国際競争力を落とすことになりかねない。

### (太陽光発電)

## 日経 2018.3.15 薄く低価格、新太陽電池、壁や曲面、設置場所選ばず、パナソニック、シート状つなぎ大面積、積水化学、膜で覆い耐久性高める

フィルムのように薄くなり、製造コストも安い日本発の新しい太陽電池が 2 年以内にも市場に登場する見通しとなった。パナソニックや積水化学工業が経済産業省系の新エネルギー

ギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援を受け、課題だった大型化や耐久性の向上にめどを付けた。これまで太陽電池が置けなかった建物の壁や曲面で発電でき、再生可能エネルギーの普及拡大へ期待が高まる。

各社が開発したのは、「ペロブスカイト型」と呼ぶ太陽電池の新型。2009年に桐蔭横浜大学の宮坂教授が発表し、ノーベル賞候補にも挙がる有望株だ。政府は地球温暖化対策の一環で、30年の電源構成に占める太陽光発電の割合を現在の1.5倍となる7%程度と見込む。NEDOは現在で1kW時当たり約20円の発電コストを30年に7円に下げる方針。太陽電池の進歩が求められていた。従来の「シリコン型太陽電池」は厚く重い。製造工程が複雑で、コスト高を招く。新型はシリコンを使わず、鉛を含む原料を使う。インクのように印刷技術で塗り、薄く加工できる。生産コストもシリコン型の半分になると期待される。パナソニックは20cm四方の電池を開発した。20cm四方の電池は、互いにつなが合わせて実用水準の面積にできる。今後、10%台の発電効率を20%まで高め、シリコン型に迫る。積水化学は発電部を膜で覆い、劣化を防いだ。熱や湿度に耐える日本工業規格（JIS）の試験に合格。シリコン型の20年超とされる耐久性に続き、10年程度は使えるめどをつけた。重さがシリコン型の8割減になる。シリコン型は厚く、重いガラス板で支える。新型は軟らかいフィルム状の金属と一体にし、曲がるのが特徴だ。ビルの壁やカーブを描く屋根、柱や車の屋根の局面などが、新たに太陽発電の場所として活用している。

12年に開始した固定価格買い取り制度（FIT）を契機に、国内で太陽光発電が急速に普及した。資源エネルギー庁によると、16年度の発電量は510億kW時（速報値）で、10年度の35億kW時から15倍に増えた。ただ、太陽電池市場は中国勢の価格攻勢で日本企業はシェアを奪われている。耐久性でまだ劣る新型は大規模な太陽光発電所などへの導入では力不足だが、太陽光発電の空白地だった身近な場所での発電に向く。消費電力の多いビルや商業施設の節電に役立つ。韓国やスイスなど海外勢も開発を急ぐが、日本企業が一步先じる。最先端品で日本の強みを生かす。

## 日経 2018.2.28 産油国、太陽光にカジ、国内電力、相次ぎ大型投資、脱石油へ改革、市場育つか

サウジアラビアや UAE など湾岸の有力な産油国が自国で必要な電力をまかなう目的で「メガソーラー事業」と呼ぶ太陽光発電への大型の投資を始める。総出力100万キロワット以上、10億ドルを上回る大型の事業が相次ぎ、中国や米国などに次ぐ大きな太陽光発電の市場に育つ可能性がある。・・・サウジは年末までに7つの太陽光発電所（出力330万kw）と、1つの風力発電所（80万kw）をつくるために70億ドルを投資する。サウジのムハマド皇太子が2017年11月に将来の建設を発表した投資額5000億ドルの紅海沿岸の超巨大都市「NEOM」では、消費する電力全てを太陽光などの再生可能エネでまかなうようにする。ソフトバンクグループはサウジの電力会社に投資し、大規模な太陽光事業を進める方針。UAEのアブダビ水電力省は総出力が少なくとも117万kwの太陽光発電所を作る

計画で今年前半の入札に参加する企業を募り始めた。UAE にとっては 2 番目のメガソーラー事業となる。1 つ目のスワイハン（出力 117 万 kw）は丸紅と中国の太陽光発電パネルメーカー、ジンコソーラーが手掛けており年内に完成する見通しだ。UAE のエネルギー相は地元メディアに対し「50 年までに国内電力の 44%を再生可能エネでまかなう目標を達成するには年 100 万 kw 規模の事業を入札にかけていく必要がある」と述べた。クウェートやバーレーン、オマーン、カタールなど他の湾岸諸国も、サウジと UAE に追随するとみられる。石油など豊富な化石燃料を握っている国が、なぜ太陽光に多額の投資をするのか。それは、産油国にとっても、エネルギー消費の効率化が課題となっているためだ。湾岸産油国は石油や天然ガスなどを燃やして発電しているが、将来は石油に頼らない経済への改革を進めている。その中で見落とされていた国内のエネルギー消費の効率化に光があたった。

理由はくつかある。第 1 に貴重な輸出資源である石油や天然ガスは国内で発電用に燃やすよりも外国に販売した方が利益が大きい。第 2 に太陽光パネルの価格が大幅に下落し、コスト面での優位さが増した。もともと砂漠地帯の湾岸は太陽光の発電に向いていた。第 3 はピーク電力の抑制という大きな効果が認識されたことだ。湾岸の電力消費のピークは冷房需要が一気に高まる真夏の昼間だ。この最も電力需要が高まる時間帯に、太陽光は最も発電能力を発揮できる。これまでほとんど無視されてきた資源国での消費エネルギーの最適化への努力は、資源国自身の経済を効率的にし、世界のエネルギー供給の安定にもつながる可能性がある。

### 読売 2018.1.26 再生エネ、日本は周回遅れ、劇的なコスト減、世界の発電牽引、世界の再生エネ発電量は拡大する

世界で再生エネによる発電量が急拡大しつつある。地球温暖化対策が後押ししているうえ、発電にかかるコストが劇的に低下したことが大きい。再生エネへの対応の遅れは日本のビジネス環境の悪化につながりかねず、対策が急務になっている。

「世界中で再生エネが加速している。我々は、エネルギー転換の新たな時代に入った」1 月中旬にアブダビで開催された国際再生エネ機関（IRENA アイリーナ）の総会に際し、アミン事務局長は強調した。IEA が昨年 11 月発表した世界エネルギー見通しでは、世界の発電量のうち再生エネの占める割合は 2016 年の 24%から 40 年に 40%に拡大する。・・・日本円に換算すると、世界の太陽光の平均発電コストは 10 年頃は 1kW 時あたり 35 円程度だったが、17 年には 10 円程度に下がった。技術革新や大量生産でパネルなどの価格が低下した上、事業者間の競争が激しくなった。中東などの大規模太陽光の入札では、3 円程度で落札されるケースも相次いでいる。IRENA によると、世界の火力の平均コストが 1kW 時あたり 3~10 円程度に下がったとしても、太陽光や風力などの再生エネは遜色ない水準になっていく見通しだ。効率の良い陸上風力や太陽光なら、19 年までに 3 円程度か、それ以下になるとみられる。16 年の世界の電力投資額をみると、再生エネは約 30 兆円と、火力・原子力（約 14 兆円）の倍。・・・再生エネは、水力や地熱などを除けば、出力が不安定に



なりやすいという大きな弱点がある。・・・電気は瞬間的に足りなくなれば停電につながる恐れがあり、各国とも頭を悩ます。・・・それでも欧州各国では、再生エネの大量導入を前提にした電力網の高度化に取り組んでいる。・・・欧州の各国政府は、大規模な導入目標を掲げ、プロジェクトの事前調査や地元調整などを主導していることも大きい。国を挙げて、ビジネス環境の整備や、コスト低下を後押しすることで再生エネが競争力のある電源になり、さらなる投資を呼び込んで、再生エネが拡大するというサイクルになっている。

これに対し、日本は、再生エネの発電コストが高止まりしている。「これまでの日本の失敗は、世界の動きを正しく理解せず、その場しのぎの対応を続けてきた結果だ」。・・・政府の、現状の問題点を認識し、対応を進めている。入札制度を導入したほか、既存の送電網の秋を最大限活用する仕組みを検討している。・・・

### **2016.1.12 日経 蓄電池＋太陽光で電力安く、テスラ率いるマスク氏挑む、米の家庭、じわり浸透、自家発電増やし購入削減**

自由化の流れが一巡した米国ではマスク氏が新風を吹き込んでいる。経営するベンチャーで家庭用の蓄電池と太陽光パネルのコスト破壊を推進する。大手電力会社からの購入を減らして自家発電の割合を増やす「分散型電源」化の動きに大手各社は戦々恐々で、需要の先細りを懸念し 20 州以上で基本料金値上げの申請に入っている。2015 年末、マスク氏率いる電気自動車メーカー、テスラ・モーターズが据え置き型蓄電池の初出荷を始めた。自動車メーカーからエネルギーへの会社への一步を踏み出した格好。一般家庭の 1 日の消費電力を賄える容量 10kW 時のモデルで 3500 ドル（約 41 万円）。付属機器の費用を含めても競合品の半額以下。巨大規模の工場も今年から部分稼働する。テスラがパナソニックと共同でネバダ州に建設し、総投資額 50 億ドル。材料の改良などで現行品の 3 割という目標を上回るペースで製造コストの低減に成功している。太陽光発電など再生可能エネルギーは出力が不安定で、主力の電源となるには蓄電池と組み合わせるのが理想だが、蓄電池の高い価格がネックだった。持続可能なエネルギー社会に必要な最後のピース」だった安い蓄電池がいよいよ現実のものとなってきた。

### **2015.12.9 読売 太陽光ブーム一変**

太陽光王国を目指す佐賀県が全国で初めて、太陽光発電のために道路の占用許可をだし、無料で貸し出した。だが、工事を再開するかどうか判断できない。九電が買い取ってくれるかどうか読めなくなった。政府の買い取り制度以降、土地が安く、日照量も多い九州で太陽光発電が急増。すると 9 画 g つ、突然、新規の買い取り契約を中断した。約 4 か月後には再開したが、新たな契約者には九電の要請があれば無制限に発電を停止するという条件が付けられた。今年 6 月 4 日、九電管内で太陽光発電の出力あ g 過去最高となった。正午～午後 1 時の平均出力が 407 万 kw、原発 4 基分に匹敵。この間の需要の 4 割を賄った。しかし、出力は夕方から急落し、夜にはゼロになった。電力は需要に対し、供給量が多す

ざたり少なすぎたりすると、電圧が乱れて停電を招く。九電が太陽光に慎重なのは「日中でも、天候が悪いと能力の 1 割程度しか発電できない」という不安定さ。九電は出力を予測しながら火力発電などの運転を加減し、需給調整をしているが、調整にも限界がある。

#### **2015.9.26 読売 太陽光業者、選び直し、経産省案、悪質「未発電」を排除**

経産省は 25 日、再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度で、実際に発電する意思がある事業者を選び直す方針を固めた。国の認定を得たのに事業化せず、不当な利益を得ようとする事例が相次いだため、制度を抜本的に改める。長期間、電力会社と契約をしていない場合は事業化の意思がないとして、認定を取り消す。国が買い取りを認定した太陽光発電設備は約 180 万件だが、約 70 万件は発電していない。発電せずに権利を転売したり、太陽光パネルが値下がりしてから発電して利益を得ようとする悪質業者を排除する狙いがある。

#### **2015.4.28 日経 太陽光発電、30 年 7%に、コスト割高で抑制、経産省が電源構成原案**

経産省は 2030 年時点の望ましい電源構成の原案で太陽光発電の比率を約 7%とする方針を固めた。

#### **2014.10.16 読売 太陽光偏重、混乱招く、発電量急増受入中断、地熱など普及妨げ懸念、再生エネ制度、見直し年末までに**

経産省は 15 日、「固定価格買い取り制度」の見直しに向けた議論を開始。太陽光発電が増えすぎ、全国の電力会社で受入中断の動きが相次いでいるため。天気によって左右される太陽光などの発電量が想定を上回ると、周波数が乱れて家電製品が故障したり、停電につながったりする恐れがあるからだ。「買い取り価格が高いときに国の認定を受けたメガソーラーは業者が 4 回も変わり、いまだに事業が進んでいない」と混乱の実態が。政府は、太陽光で作った電気の買い取り価格が決まる時期を、現在の【国の業者認定時】から「運転開始時」に改める方針。

#### **再生可能エネルギーの全量買い取り制度；**

太陽光や風力、地熱などの再生可能エネルギーで発電した電気を全量、電力会社が固定価格で買い取る制度。2011 年 8 月に再生エネルギー特別措置法が成立、導入が決まった。再生エネルギーの発電設備は初期投資がかさみ、発電コストは火力発電などに比べて割高。そのため買い取り価格を高めを設定し、事業者が採算を確保できるようにして普及を後押しする。2012 年 7 月の施行までに第三者委員会で適切な買い取り価格や期間を議論したうえで制度の詳細を決める。

#### **2012.4.26 読売「太陽光買取 42 円、再生エネ、発電側要望認める、経産省委員案」**

上記と同様な内容。風力は 23.1 円、地熱は 27.3 円。

表は調達価格等算定委員会がまとめた買い取り価格（1 k w 時あたり）

発電方式	買い取り価格（税込）	業界要望の価格
大規模太陽光	42 円	42 円
風力	23.1 円	22～25 円
小型風力	57.75 円	50～55 円
地熱	27.3 円（1.5 万 k w 以上）	25.8 円（3 万 kw 級）
中小水力	25.2～35.7 円	24～34.06 円
バイオマス	13.65～40.95 円	14.5～39 円

買い取り価格は、再生可能エネルギー事業者が半年ごとに経産省に提出する発電コストのデータに基づき、毎年見直す。固定価格での買い取りは、新規参入する発電事業者にとって設備投資の費用回収や収益の計算がしやすくなるメリットが大きい。国内の総発電電力量に占める再生可能エネルギーの比率は現在 1.2%。

## 地熱発電

日経 2018.2.28 地熱発電 普及へ一歩、眠れる資源開発効率向上、地球科学総研（蒸気探査の新技術）、三菱マテ（ドリル強化でコスト減）

世界第 3 位の地熱資源量を誇る日本の地熱発電拡大に向けた技術開発が相次いでいる。JOGMEC に委託で地球科学総合研究所や三菱マテリアルなどがそれぞれ、発電にふさわしい地域を効率よく絞り込む手法や掘削期間を短縮する技術を開発した。新技術を組み合わせることでコストを下げ、再エネで太陽光や風力に遅れる地熱の活用を後押しする。

地熱発電は地下から取り出した蒸気で発電タービンを回す。天気や時間に左右されずに稼働し、発電コストは 1kW 時あたり 20 円弱。長期間の稼働によって再エネの中では太陽光や風力よりも経済的に優れているといわれてきた。地熱は国内に原発約 20 基分に当たる 2300 万 kW（総電力需要の 1 割強）の資源量があるが、発電に使うのは 2%にとどまっている。大型発電所の建設は平均 14 年の期間と数百億円のコストがかかるうえ、井戸を掘っても蒸気が出る確率が 3 割程度とされる。開発効率の悪さが普及を妨げている。地球科学総合研究所は特殊な車で地下に地震波を送り、反射してくる地震波から豊富な蒸気がたまる空洞を探す技術を開発した。重力や磁気の変化も頼りにする。空洞の位置が正確にわかれば小数の井戸で確実に蒸気を取り出せる。井戸を掘る費用は建設費の 3 割を占め、無駄なコストがかさみやすい。山川発電所と鬼首地熱発電所で実験して技術の信頼性を確かめた。三菱マテリアルなどは刃を強化したドリルを開発し、掘削期間と費用を 1 割抑えるめどを付けた。刃に使う人工ダイヤモンドの組成を工夫した。産業技術総合研究所と共同で岩を掘る性能を確かめた後、実際の地下で掘削試験をする計画。1 年後にも実用化する。地

熱関連各社が設立した地熱技術開発などは、地熱発電所の寿命を延ばす技術開発を手掛ける。蒸気が枯れそうな場所に水を継ぎ足す実験を柳津西山地熱発電所で 2018 年度にも始める。日揮などは蒸気を取り出す井戸をふさいでしまう不純物を取り除く装置を開発した。岩手県の地熱発電所で性能を確認済み。応用すれば、稼働年数が 2 倍の 10 年以上に延びる見込みだ。政府は温暖化対策の一環で、30 年度の電源構成に占める再エネの割合を 22～24%程度にする目標を掲げる。地熱発電の設備容量は 3 倍の約 150 万 kW に増やす方針。太陽光発電の 7%程度や風力の 1.7%程度に迫る 1～1.1%程度に引き上げる。これまで地下の蒸気が多い国立公園の開発規制緩和や建設費助成などの支援策を打ち出してきた。海外では蒸気が勢いよく出る地域が集中するが、日本は小規模な地域が点在しているとみられる。発電効率を上げるには、新しい技術が必要だ。

#### **日経 2018.1.22 地熱発電、再び湧くか、「眠れる宝」利用率なお 2%、開発短縮/調査地点倍に**

訪日外国人客にも人気の「ONSEN」は日本が火山国ゆえに生まれた。・・・地熱発電は、地熱で熱せられた蒸気を使い、いわば地球をボイラーとした発電で、太陽光や風力と違って天候に左右されない。一定期間でどのくらい発電設備が働いたかを示す設備利用率は 83%と、太陽光（12%）、風力（20%）よりずっと高い。効率が良いうえに、事業化すれば半永久的にエネルギーを供給できる理想的な資源だ。・・・地熱発電用のタービンで東芝や三菱重工業、富士電機など日本企業が 7 割の世界シェアを占めるのに、肝心の発電事業では日本は遅れている。・・・

#### **2015.8.29 読売 地熱発電所、計画相次ぐ、大分など 90 か所、政府も支援強化**

全国で地熱発電所の建設計画が相次いでいる。電源開発や三菱マテリアルなどは 5 月、秋田県湯沢市で地熱発電所の建設を始めた。出力は 4 万 2000kw。大分県九重町でも 6 月、運転を始めた。

#### **2013.2.22 読売「地熱発電、開発を本格化、国立・国定公園「大雪山」今春調査、震災後に規制緩和」**

北海道川上町の大雪山国立公園内で、地熱発電所の建設に向けた地表調査が今春にも始まる見込み。実際に発電が始まるまで、8～10 年程度かかるとみられている。北海道による 70 年代の調査によると、最大出力は 4 万 k w 程度が見込まれる。

#### **2012.10.9 日経「再生エネ、真の実力、地熱、20 年に発電量倍増、技術・制度なお課題」**

新潟県十日町市、松之山温泉で地熱発電の一種「バイナリー発電」の実証実験。環境省の委託事業で産業技術総合研究所、弘前大学、地熱技術開発が取り組んでいる。摂氏 80～150℃の蒸気や熱水で沸点の低いアンモニアなどを気化させ、タービンを回して発電する。通常の地熱発電と違い、それほど高温でない温泉でも発電できる。すでに、八丁原発電所

(大分県九重町)で2000キロワットの発電設備が稼働している。環境省は8月街、2020年に107万kwに倍増し、30年には388万kwまで増設する計画。

環境省は規制してきた特別地域の一部について、住民の同意や環境への配慮を条件に地熱発電を認めることを決定。環境影響評価では事業者による調査を省くなど、審査期間を1年半～2年半程度と従来の半分に短縮する方針。

#### **2012.9.6 日経「国定公園初の地熱発電、秋田に建設、最大7万kw」**

国立・国定公園の中で地熱発電所の建設を認める第1弾が秋田県湯沢市の「栗駒国定公園」に固まった。出光興産、国際石油開発帝石で3万～7万kw。地熱開発に着手した自治体や温泉業者向けの補助金も創設「地域共生予算」で約30億円、研究する大学や民間企業にも15億円規模のはかつ補助金制度をはじめめる。

#### **2012.6.22 読売「列島再生、地熱 地域の発電資源」**

島弧の恵みをどう生かせるか。地熱と水力。地熱は資源量をすべて開発しても、国内の総発電設備容量の1割程度。しかし、国産資源の確保は、エネルギー安全保障の面から重要。電中研によると、日本の地下10kmまでに存在するマグマの熱を発電に利用すると、60億kwと膨大な量になる。実用化は将来の課題。次世代の地熱発電として実用化が期待されているのが、高温岩体発電。地下2～3kmの高温の岩の割れ目に水を注入して、200～300℃の高温蒸気を発生させる。電中研が20年前に「ジオサーモピア（地熱理想郷）」構想を打ち出したこともある。その後は研究は停滞。米国では「地熱井涵養システム」のは開発を続行。電中研では、高温岩体発電やNEDOの試算では3000万～3800万kwの資源量で、発電コストは24万kw級発電所の場合、1キロワット時当たり12.7円。この発電なら、可能性のある地域は全国に広がる。

#### **2012.4.26 日経「地熱発電開発、米で参入、富士電機、現地企業に出資、技術蓄積、受注拡大へ」**

富士電機は米国で地熱発電所の開発運営事業に参入する。カリフォルニア州で建設予定の地熱発電所の開発運営会社に約1割を出資し、経営に参加する。富士電機は蒸気タービンや発電機など地熱発電設備の世界シェア最大手。地熱発電事業への参加で最先端の開発技術やニーズを蓄積し、米国や新興国での今後の設備受注拡大につなげる。

発電所の出力は4万9千ワットで、2013年に着工、15年に運転を開始。米国は環境負荷が小さい再生可能エネルギーに対する税制優遇措置を背景に地熱発電所の新設や設備の入れ替えが進む。資源エネルギー庁が11年11月にまとめた統計によると、米国の地熱発電設備容量は2015年に10年比7割増の540万kwに拡大する見通し。富士電機は地熱発電設備の世界シェア約4割を占める最大手。

### 2012.3.23 日経「福島で大型地熱発電、出光など規制緩和、国立公園に、27万キロワット、原発1/4基分」

出光興産、国際石油開発帝石、三菱マテリアルなどは福島県内で地熱発電所を建設する方針を固めた。環境省が地熱開発について国立・国定公園内での掘削を条件付きで認める規制緩和を実施するのを受けたもので、2020年ごろの稼働を目指す。発電容量は27万キロワットになる見通しで、原子力発電所1/4基分に相当する。総事業費は1千億円規模になるとみられる。再生可能エネルギーの中でも安定した出力が見込める地熱発電の本格利用が始まる。三井石油開発も加わり、最終的には9社程度が参加する見込み。各社は窓口を一本化し、県庁などを通じて地元と協議する。早ければ4月にも説明会を開く。道路黄塵度で地元の雇用を優先、運転開始後には地熱を生かした環境誘致策も実施することで、地元の了解を得たい考え。地元の合意を前提に、各社は6か所程度で試掘を開始。掘削は各社が個別に手掛けるが、国立公園では実際の地熱資源量のデータに乏しい。複数企業が組むことで、リスクを抑え効率的に開発する。正確な資源量が確認できた段階で、参加する企業間で共同出資する運営会社の設立を視野に入れる。発電容量は5万キロワット程度のプラントを複数持つ発電所になる見通し。合計27万キロワットの発電容量は九州電力は八丁原発電所（出力11万キロワット）を上回り日本最大。約7万世帯の電気がまかなえる。

政府のエネルギー・環境会議の委員会が2011年12月にまとめた報告書の試算による電源別の発電コスト（円/キロワット時あたり；2010年のモデル事例）

	2010年	2030年
地熱	9.2～11.6	9.2～11.6
原子力	8.9～	8.9～
LNG火力	10.7	10.9
石油火力	20.8～22.4	23.8～26.7
石炭火力	9強	
太陽光（住宅）	33.4～38.3	9.9～20.0
風力（陸上）	9.9～17.3	8.8～17.3
風力（海上）	9.4～23.1	8.6～23.1
小水力	19.1～22.0	19.1～22.0

原子力は事故費用が1兆円上がるごとに0.1円コストがあがる。石油火力は設備利用率が80%の場合。

### 2012.3.22 読売「地熱発電、国立公園で垂直掘り、環境省、条件付き認可へ」

環境省は、国立・国定公園の規制地域での地熱発電の開発について、地元の温泉組合との合意などを条件に認める方針を固めた。月内に新たな通知を出す。開発を認めるのは、これまで規制してきた特別地域内での「垂直掘り」。ただし、特に厳格な保全を図る第1種

地域では認めない。同省は、地域外から地域内の地下に向けて井戸を掘る「斜め掘り」については認める方針を示していた。しかし地熱業者は、斜め掘りは開発費用が3割程度高くなるとして垂直掘りの解禁を求めている。

経済産業省は特別地域内での開発に向けた要望が出されている6か所を公表している。うち、福島県・磐梯朝日国立公園や秋田県・栗駒国定公園など5か所が有望な候補地となりそうだ。ただ、認可には地元との合意、自然への影響を最小限にとどめる技術の導入など厳しい条件を付けた。地熱開発を巡ってはこれまでも近隣の温泉街が「湯に影響する」などとして反対してきたからだ。日本自然保護協会も「自然に与える影響は未知数。議論を尽くしておらず、環境行政の大きな後退」としている。

### 2011.10.6 日経「地熱発電、国内で事業化、買い取り制で採算、丸紅が発電所、国際帝石、JFE系も検討」

丸紅は国内で地熱発電事業に参入する。2013年度をめどに東北や北海道に自前の発電所を建設する。国際石油開発帝石やJFEエンジニアリングも事業化を検討している。火山国の日本には豊富な地熱資源がありながら、割高な発電コストと開発規制が普及の壁になってきた。しかし、再生可能エネルギーで発電した電力を全量買い取る制度が来年から始まる。地熱開発を促す規制緩和も追い風となり、事業採算を確保できるとみた企業の取り組みが加速している。

国内での商用地熱発電所の新設は1999年の東京電力八丈島地熱発電所【出力3300キロワット】以降途絶えている。日本には原子力発電所20基分に当たる2000万キロワット超の地熱発電の潜在力があるとされているが、実際に利用されているのは約50万キロワットにとどまる。個々の地熱発電所の出力は小規模で、原子力発電所の代替え電源に位置付けるのは難しい。しかし、気象条件に左右される風力や太陽光に比べ安定した出力が見込める。太陽光の発電コストが1キロワット時あたり40円前後であるのに対し、地熱は20円前後（9～11円との試算も）と、10円前後の火力との差は小さい。参入する各社は数万キロワット規模の発電所を計画。10年以上停滞していた地熱発電の総量が一気に増えそうだ。丸紅は社内に地熱発電の担当組織を設置した。東北や北海道で各1～2か所の発電所を建設、そのための候補地選びを始めた。事業費は1か所100億円規模。エンジニアリング会社や国内外の金融機関に出資を呼び掛ける。電力は買い取り制度を利用して全量を大手電力に販売する。丸紅はコスタリカなどで地熱発電の実績があり、海外での蓄積した事業ノウハウを国内で生かす。国際石油帝石と出光興産は北海道赤井川村周辺などで地熱発電所の建設候補地の地表調査を開始した。JFEエンジニアリングなども岩手県八幡平市で地元自治体と連携して地熱発電の検討を始めた。三菱マテリアルと東北電力は秋田県内で地熱発電用の井戸の掘削に着手した。相次ぐ地熱初開発を後押しするのが、2012年7月に始まる再生可能エネルギーでの全量買い取り制度だ。事業者は地熱発電で生み出した電気を割高の価格で電力会社に売ることができるようになり、開発投資の回収期間が短くなり事業採

算のめどが立ちやすくなる。日本の地熱資源 (2347 万キロワット) はインドネシア (2800 万キロワット)、米国 (2400 万、3000 万キロワット) に次いで世界第 3 位だが、その 8 割は国立・国定公園内にあるとされる。環境省は 2010 年、周辺環境への影響が少ない特殊な工法に限り国立公園内の地熱発電開発を認める方針に転換、規制緩和の動きも追い風となっている。

経済産業省も後押しする。来年度当初予算案では地質構造や地熱資源量を調査する事業に 103 億円を概算要求した。石油天然ガス・金属鉱物資源機構を通じて地熱発電を開発する企業に出資したりすることも検討。来年度予算の財政投融资計画で 80 億円を要求した。地熱は東北地方に適地が多く、開発が東日本大震災の被災地の復興につながるとの期待もある。

## 2009 年 2 月 28 日日経「技術で越える 工場や温泉が「発電所」に 温度差を利用、二酸化炭素削減」

「戦後最大」の経済危機で日本企業が苦境に陥っている。だが難局を乗り越える突破口がないわけではない。日本はこれまでの危機も独創的な技術開発で乗り切ってきた。日本発の新技术の胎動を追った。

「1 兆円市場も」

昭和電線ホールディングスは月内に、主力の三重事業所 (三重県いなべ市) で、ある実験を始める。銅線の製造ラインにある加熱炉の外壁に縦横 50 センチの装置を取り付け、炉の熱を電気に変えようという「熱電発電」の試みだ。「実用化への重要な一歩」と、実験を指揮する子会社の昭和電線ケーブルシステム取締役、長谷川隆代は笑顔を見せる。

熱電発電は温度差があるところはどこでも「発電所」になりえる夢の技術だ。金属などの材料は加熱すると内部の電子の動きが活発になる。異なる材料をつなぐと温度差で電子が一方に流れ、電気が発生する。工場や自動車、家屋などで無駄に捨てられた熱で発電すれば、省エネや二酸化炭素の排出削減に繋がる。コスト削減や環境対策など幅広い効果が見込め、技術が確立すれば十年以内に国内で一兆円規模の市場創出の可能性があると予測もある。銅線の加熱炉の外壁は 600℃。装置の反対側を水で冷やすと、接着面との間で約 450℃の温度差が生じ、電気が発生する。200 年近く前から知られる物理現象だが、有望な材料がなかった。昭和電線の装置は特殊なコバルト酸化物を活用。当初は酸化物を別の目的で研究していたが、「三年前に熱電発電の話を知り、技術が応用できると直感した」。設計では一枚 30 ワットの出力が期待できる。仮に、炉の壁前面に約 480 枚を張れば合計で約 14 キロワットの電気を生み出し、約 35 世帯の電気を賄える計算。約 1 ヶ月実験し、鉄鋼炉など高熱を放つ施設を持つ工場やごみ焼却炉などへの応用を目指す考えだ。

「課題は装置価格」

群馬県の草津温泉、95℃の源泉を湧き水で 60℃まで冷まして各旅館に給湯している。東芝は温泉と湧き水の 35℃の温度差で発電する出力 150 ワット装置を試作し、実験に取り組んで



いる。

お湯と湧き水は終日利用でき、日照時間が限られる太陽光発電に比べ、「単純比較で発電量は 6 倍になる」（東芝電力システム社の環境・機能性材料開発担当主査の新藤）。日本は温泉列島、装置を各地の温泉に販売したいと意気込む。現状では東芝の装置の価格は太陽光発電の数倍と高いのが難点だ。実用化にはコストの改善が前提となる。材料や装置の開発で日本企業がリードしながら、巨額の開発資金を機動的に投資した海外勢に逆転された新技術は少なくない。先行メリットを生かす決断も求められる。

## 風力発電

### 日経 2018.2.10 欧州風力発電機メーカー、風吹けどもうからず、価格急落・中国の影、再編も

発電効率が高まり、欧州では再生エネの主役の座に躍り出たが風力発電機のメーカーが急激な機器の価格下落に悩んでいる。競争入札による調達拡大で電力自体の価格が下がっているほか、太陽光パネルと同様、中国勢の追い上げが激しいからだ。風力発電の先進地域の経験は日本も参考にできそうだ。「価格下落は今後も続く」。風力発電機メーカーのヴェスタス（デンマーク）の CEO は話す。同社の 7 日発表の 2017 年 12 月期の営業利益は前の期に比べ 13% 減。平均価格が 1 年で 22% 下がったため。業界団体ウインドヨーロッパによると、17 年の洋上風力の導入は欧州だけで 314 万 kw と過去最高と旺盛な需要がある。しかし、風力発電機各社の利益は振るわない。シーメンスガメサ・リニューアブル・エナジー（スペイン）の 17 年 10～12 月期の特殊要因を除いた営業利益は 51% 減。6000 人の人員削減に追い込まれた。独ノルディックスや独センビオンも 1～9 月期の営業利益は 2 ケタ減。

なぜこれほどまで単価が下がるのか。理由の 1 つは英国やドイツが導入した発電事業者入札方式にある。風力発電機は電力会社が運営し、発電機メーカーが製造する。羽根專業メーカーなどを含めて産業のピラミッドを形成している。国が競争入札で安価な電力供給を募れば、電力各社はメーカーに値引きを迫る。洋上風力では 16 年に 1 メガワット時あたり 150 ユーロ（約 2 万円）前後だった落札価格は 17 年は 50 ユーロ前後に落ちた。

自国市場で力を付けてきた中国メーカーの影も迫る。ウインドヨーロッパの CEO は「中国からの部品輸入が増えている。業界の雇用が危機にさらされている」と指摘。ヴェスタスは単品売りだけではじり貧になると判断し、2 日には約 1 億ドルでエネルギー分析ソフトを手がける米ユートパスを買収すると発表。この会社は米 IBM の研究機関を源流に持ち、その技術で発電量の予測精度を高めたり、利益を最大化する運営計画を立てたりできる。電力会社にコンサルティングと合わせて売り込む狙い。

シーメンスガメサは生産の効率化で対抗する。同社は陸上用と洋上用を手がけるが、技術仕様をそれぞれ 1 系統に集約し、開発・生産コストを減らす。年間発電量を従来比で 2 割増やせるタービンも陸上用と洋上用それぞれ投入する。

風力はいまや欧州では設計から廃棄までのライフサイクルコストが最も安い電源となった。二酸化炭素削減という政策目標にも沿っており、電力会社と発電機メーカーは二人三脚でコスト削減を進めてきた。だが、皮肉にもそれが価格下落の引き金を引いた。消耗戦の先には業界再編が待ち受ける。「グローバルに戦う規模と開発力がないと淘汰は避けられない」。日本の風力発電市場は環境影響評価などの規制や送電線の容量不足が足かせとなり、伸び悩む。日本単独資本の風力発電機メーカーは日立製作所のみ。

### 日経 2018.1.7 風力発電、送電費用が壁、事業者負担独の3倍、電力改革の遅れ響く

再生可能エネの柱として期待が大きい風力発電。だが日本では普及が進まない。家庭などに届けるのに必要な「送電線」を使うために発電事業者が払うコストが高く採算に乗りにくい。整備した送電線が十分利用されない問題もある。風力発電の本場、欧州との差は開くばかりだ。

2017年12月、出力12万kwと日本最大となる風力発電所の建設が青森県つがる市で始まった（堀、グリーンパワーインベストメント）。大型の開発計画は今後も続くが、堀氏は「深刻な問題がある」と話す。送電線の費用負担だ。日本の送電網は大手電力会社が保有している。利用する側の発電事業者は大手電力が送電線を新たに造る際、工事代の一部を負担しなければならない。欧州は発送電分離が進んで送電会社が生まれ、送電線への投資を電力料金を通じて社会全体で負担しようという流れがある。しかし日本では送電線を使う企業の負担が大きくなりやすい。そもそも日本は風車を山地に造るケースが多く、造成や輸送路の拡張費用がかさむ。環境影響評価の調査も時間がかかり、高コストになりやすい。追い打ちをかけるのが送電線。自然エネルギー財団などの調べでは14～16年に運転を始めた風力発電所で事業者の送電線関連費用は1kWあたり293ユーロ（約4万円）、ドイツの約3倍。平均的な2万～3万kw規模の発電所で8億～12億円かかる。太陽光発電も同じような課題があるが風が吹く地域が限定される風力と異なり、送電線のためにコスト高になれば場所を変えれば済む。「最近さらに費用が上がった。計画を断念するケースが出かぬない」。風力発電大手エコ・パワーの真鍋氏は「東北地方で行われる入札の見積もり価格が要因だ。再エネの接続申し込みが急増した東北電力は16年、基幹送電線の増強を決め、接続したい発電事業者を17年に募った。280万kwという大規模の入札を18年2月に実施することになった。しかし、東北電力が入札に先立って昨年夏に示した見積もりに各社は驚いた。「我々は送電事業者ではない」。岩手県で風力発電所を開発する大手の担当者は憤る。送電線の投資も必要で負担額は想定5倍以上だった。別の風力発電大手幹部も「1kw1万～2万円程度だった工事負担金が10万円ぐらいに跳ね上がったイメージ」という。さらに問題なのは、既存の送電線が「がら空きの高速道路」であることだ。京大の安田教授らの試算によると、東北北部と北海道の基幹送電線の実際の利用率は2割以下という。経済産業省系の認可機関が定める送電線の運用指針では、利用する発電事業者は接続申し込みの早い者順で決まる。しかも、送電線はこうして決めた発電事業者が使う仕組み。

動いていない原子力発電所や火力発電所がフル稼働することを想定した送電線が遊んだまままだ。ただ「電力会社を責めても解決しない」と安田は言う。「発送電分離や電力市場改革が進まず、法整備の不調和が根本原因。そのリスクが新規参入の再エネ会社に過度に転嫁される」電力会社は決められたルールに従って動くしかない。ある電力大手幹部は「再エネ拡大に対応しなければならない一方で電気代を下げろと言う圧力もある」と嘆く。どうしても発電事業者に負担を求めざるを得ない。ルールを変え、がら空きの送電線を活用してコストを下げないと風力の導入は進まない。政府は空き容量を見ながら既存送電線を有効利用する英国制度に習い「日本版コネクト&マネージ」と呼ぶ取り組みを始めた。12月12日に開いた経産省の委員会では東北北部で部分的な適用を決めた。それでも「5、10年先の送電線の状況が見えない」ことが発電事業者の投資計画に影を落とす。欧州では送電会社連合が30年までに約20兆円を投じる送電線増強計画を16年末に公表。風力発電事業者の経営環境を巡る差は開く一方だ。再エネ大手のオリックスやソフトバンクグループは海外に目を向け始めた。国内のコストが今のままでは高い成長が望めない。自然エネルギー財団の木村は「本来は日本で育つはずの企業が海外に出ていくのは不幸な事」とはなす。脱ガラパゴスに向けた抜本的な政策が求められる。

#### 日経 2017.3.17 再生エネ送電参入、風力最大手ユーラス、普及後押し

風力発電の導入拡大に向けて、専用の送電線の建設が北海道で始まる。豊田通商系の国内風力開発最大手、ユーラスエナジーホールディングスなどは2019年4月から、北部に総延長100kmの送電線を建設する。周辺は国内随一の風力資源に恵まれた地域。電力大手とJパワー以外の事業者による送電線設置は初めて。送電線能力不足を解消し、再生可能エネルギー普及につなげる。ユーラス、コスモエネルギーホールディングス系のエコ・パワーなど6社による共同出資会社が、中川町から稚内市に送電線を新設する。投資額は500億円で、半分は政府の補助金を利用する。必要な用地取得を始めており、完成は21年10月の予定。ユーラスは新設する送電線の周辺に7か所、約60万kwの風力発電所を23年3月までに建設する。エコ・パワーも7万kw級を準備している。この地域は過疎地域で、北海道電力が持つ既存の送電線の能力は小さい。利用者に電気を送る余力がなく、風力発電の開発は停滞していた。ボトルネックを解消すれば電源開発の活性化につながる。新たな送電線は出資者イガの事業者にも開放する。北海道電の送電線と一体にして使えるようにする新たな契約を結ぶ。環境省の調査では陸上風力発電の適地の49%が北海道にあると試算している。政府は30年に現在の3倍に風力発電を増やす計画だが、実現には北海道での導入拡大が課題だった。再生可能エネルギーを巡っては風力発電の適地が多い東北でも送電線が不足。太陽光発電に関しては九州でも同様の課題がある。こうした地域でユーラスの投資がモデルケースとなり、新たな送電線投資が出てくる可能性がある。政府は20年までに電力大手から送電線部門を切り離す「発送分離」を実施し、電力間競争を促す考え。今回の投資はその先駆けにもなる。

### 日経 2017.3.7 風力発電、買い取り 4 倍、今後 10 年で、北海道電、普及に弾み

北海道電力は風力発電の電気の買い取りを今後 10 年ほどで 4 倍に増やす。風力事業者と北電が電気をためる蓄電池を共同で設置し、風の吹き方による稼働率の変動をならせるようにする。発電時に電気をため、需要に応じて放出する。北海道は国内有数の風力発電の適地。本格的に導入が増えれば再生可能エネルギーの普及に弾みがつく。ユーラスエナジーホールディングやエコ・パワーといった風力事業者からお金を集め、北電の変電所などに蓄電池をまとめて設置する。北電も一部を払う。月内にも事業者を募り始める。風力や太陽光の電気は電力大手が可能な限り買い取るが、風力は風がやんだ時に備えて通常はバックアップの火力発電所が必要だ。北電は火力が少なく、買い取りに制約があった。買い取れる電気は今は 36 万 kw までだが、蓄電池の共同設置などで 4 倍の 156 万 kw まで引き上げる。北電は昨年 4 月から、自己負担で蓄電池を設置する風力事業者の電気だけを買収するようにした。設置コストが重く、風力の導入が足踏みしていた。今後は北電がまとめて設置するため、複数の事業者が蓄電池を一緒に使える。事業者の負担は 3 分の 1 以下に減る。政府は 2030 年時点で電気の 22~24% を再生可能エネルギーで賄う目標を掲げ、このうち 1.7% を風力で賄う計画だ。太陽光の導入がペースダウンするなか、風力の重要性は増している。環境省の調査では、国内の風力発電の適地の 49% が北海道に集中する。実際の導入量では約 1 割にとどまっており、拡大の余地が大きい。

### 日経 2017.2.22 風力、ネックは送電網、経産省、買い取り価格引き下げ、事業者の開発意欲に水

風力発電に逆風が強まっている。再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度 (FIT) 開始から建設計画が相次ぐが、風が強い建設適地の東北地方で送電線不足の問題が浮上する。2016 年 12 月には買い取り価格が 17 年度から下がる案が決まった。送電線の増強には 10 年程度かかる可能性があり、事業者の開発意欲に水を差している。「送電網接続の投資が増えるのに買い取り価格が下がるのは厳しい」。経済産業省の有識者会議は現在 1kw 時あたり 22 円の風力発電の買い取り価格を 17 年度から 3 年間、毎年 1 円ずつ下げる案を決めた。「いま、東北のあらゆるプロジェクトがストップしている」。指摘したのは青森、岩手、秋田など東北北部での風力発電計画の遅滞。発端はその 5 か月前に、地域の送配電網を運営する東北電力が突然「東北北部における系統状況の変化について」と題した書面を公表。

「増強に 10 年」

発電所の新設計画が一定段階まで進むと、発電事業者は地域の大手電力に送配電網への接続を申し込む。受け入れは先着順。発電所で作った電気は周辺で使い切らなければ、より高圧の基幹送電線で需要地に送られる。東北電力によると、12 年の FIT 開始以降、管内で太陽光や風力の新設が相次いだ。このため宮城県沿岸北部を含む東北北部と、同南部をつなぐ基幹送電線の一つに物理的にこれ以上電気を送り込めなくなった。新たに基幹送電線

を作らなければ、東北北部に発電所を新設しても稼働できなくなるという。GPI は岩手県岩泉町と宮古市にまたがる地域で国内最大規模の 20 万 kw、総事業費 400 億円の風力発電所を計画する。アセスメントはほぼ完了し東北電力に送電線への接続を申し込んだが、10 年かかるとされる基幹送電線の増強を待たなければならなくなった。事情はほかの事業者も同じだ。「今、新規の開発費用の支出を止めている。」別の風力発電事業者は東北北部でアセスメントに着手したが、追加の設備や土木関連の設計を止めた。20 年だった開業目標も 23 年に延期。「いま撤退したら数億円の損が出る」と試算するが、それも現実味を帯びている。

#### 「不透明な運用」

東北北部は北海道と並んで風が強い。青森、秋田、岩手の 3 県で、アセスメント手続きに入っているのが 50 カ所以上。最大 400 万 kw 規模の風量発電所の計画がある。送電線問題はこの開発機運に大きな影を落とす。空いている送電線がないわけではない。東北電の東通原子力発電所や新設を計画する原発向け高圧送電線がすでにある。東通原発は東日本大震災以降停止中で原発から電気は通っていない。ある開発事業者患部は「4 車線の高層道路がガラガラなのに、莫大な費用で真横に 1 車線増やそうとしている」とたとえる。名大の高村教授は「送電網のどこにどれだけの電気がながれているのか、情報開示がされていない」と指摘。再生可能エネルギーの導入拡大には送電網運用の透明性を高める必要があるとし「送電網の整備計画をきちんと立てなければならない」東北電は「個別の案件については答えられない」としている。が、関係者の間では基幹送電線がいっぱいになったのは秋田県で関電と丸紅が計画する出力 130 万 kw の石炭火力発電所の接続が受け入れられたからだ、とささやかれる。「先進国で石炭火力を進めているのは日本だけ。温暖化対策のために優先すべきなのはどちらか明らかなはずだ」。風力事業者の疑問は解けそうにない。

### **2016.2.19 日経 風力増強、原発 10 基分に、能力 3 倍、脱・太陽光偏重へ、ユーラス、J パワー投資**

日本の風力発電の導入が加速する。両社はそれぞれ 2020 年までに 600 億円規模の投資に踏み切る。国内の風力発電能力は現在の約 3 倍、原発の 10 基分に増える見通し。風力発電は太陽項よりも稼働率が高く、効率的に電気を得られる。パリ協定で政府が掲げた目標に向け、風力が再生可能エネルギー活用の新たな柱になる。

### **2015.2.14 日経 風力発電新設、最大に、昨年の世界 44%増、日本は伸び悩む**

2014 年に世界で新たに建設された風力発電の発電能力は約 5148 万 kw。総発電量能力の上位 5 か国は中国、米国、ドイツ、スペイン、インドで世界の 7 割を占める。

### **2012.10.2 日経「再生エネ、真の実力、洋上風力、30 年までに原発 8 基分」**

環境省は、2030年までに洋上風力発電、地熱、バイオマス、波力など海洋エネルギーの総発電量を計1941万kwと10年度の約6倍、全電源の10%にする目標を掲げる。

**2012.7.5 日経「英、洋上風力に13兆円、発電能力原発30基分、風車7000基、雇用創出狙う、三菱重工業など参入動く」**

英国が官民挙げて世界最大の洋上風力発電事業に乗り出している。13兆円を投じて7000基以上の風車を沖合に設置し、3200万kwの電力を発電する。これを軸に2020年時点での英国の総電力量の約3割を再生可能エネルギーで賄う計画。洋上風力発電計画は、中国3000万kw、米国1000万kw、ドイツ900万kwで現時点の計画では英国が世界トップ。

**2011.4.16 日経「風力発電、世界で2割増、10年末、中国は米を抜き1位、原発懸念高まり、「シフト」も加速、風力大国、中国に課題、送電能力不足、風向き予測も不十分」**

風力発電の業界団体、世界風力会議（GWEC）の調べで、2010年末の世界の風力発電能力が09年末比22.5%増の1億9439万キロワットに上り、国別では中国が米国を抜き世界最大となった。初期投資がより少ないとされる風力発電の普及が加速する可能性が出てきた。

風力発電所は小規模でも設備可能で初期投資が安いのが特徴。発電能力1千キロワットの装置の標準的な投資額は約3億円。

中国では、3割近くの風力発電設備で生産した電力を送電できない。風力発電の半分以上は能力を十分に発揮できていない。これは、発電会社が風向きや風量を十分予測せずに設備を置き、計画通りの発電量を確保できなくなるケースが多いため。その結果、広範囲に電力を供給する送電網に接続せず、周囲の限られた地域への供給にとどまっている状況。中国は20年末に風力の発電容量を10年末の約5倍の2億キロワット規模に拡大する計画。そのためには慎重な立地選定やITで需給を細かく管理するスマートグリッドの導入加速が必要。

風力発電の発電能力の国別順位（単位は万キロワット、2010年末、世界風力会議）

順位	国名	発電能力	前年末比増 加率 (%)
1	中国	4228	64.0
2	米国	4018	14.6
3	ドイツ	2721	5.8
4	スペイン	2067	7.9
5	インド	1306	19.6
	日本	230	10.6

## 水力発電

**2013.3.10 日経 海洋発電、海域を公募、政府、州内に、14 年度、実証実験、中小企業の参入後押し**

波や潮の力による海洋エネルギーを使った発電の実用化を目指す。

**2012.10.6 日経 「小水力発電、設置を促進、用水路、許可不要に、国交省が規制緩和」**

農業用水路に発電所を作る場合、登録だけで済むようにする。環境省の推計によると、中小水力発電の潜在能力は約 1400 万 k w で、原発 14 基分の出力にあたる。

**2012.6.22 読売 「列島再生、日本の島弧型エネルギーの資源量」**

急流が多い島弧に適しているとされる水力発電。未開発分も含めた合計（包蔵水力）としては最大出力で約 4600 万 k w（経産省調べ）がある。発電量ベースで 7 割が開発済み。震災後は小口の発電が地域活用などが模索。

**2012.4.26 日経 「丸紅、小水力発電を強化」**

丸紅は再生可能エネルギーの需要拡大を見込み、小規模の水力発電所を 2020 年までに国内で 20 カ所以上新設する。小水力発電は河川や用水路の水の流れを活用して電気を起こす仕組み。山が多く、降雨量も豊富な日本では小水力発電所の適地が十分にあるとみている。山梨県北杜市で 3 カ所の発電所の稼働をこのほど開始し、25 日に竣工式を開催。国内で合計 6 カ所になった。新発電所は北杜市と丸紅全額出資子会社の三峰川電力の官民連携で手掛けた。発電能力は 3 カ所で合計 650kw。天然の水や用水路など既存設備を利用する小水力発電は、周囲の環境にやさしい再生可能エネルギーとして注目が高まりつつある。再生可能エネルギーの代表格である対抗発電と比べ、24 時間発電できる利点がある。

**2012.2.15 日経 「小型発電装置を開拓、東芝 水力、シンフォニア 太陽光+風・水力、節電など、潜在需要狙う」**

重電各社が相次いで小型発電システムを強化、2012 年春に発売。小さな河川など 2600 地点、中小型水力に設置余地。仮にすべて開発すれば原発 10 基分に匹敵。全量買い取り制度で期待が高まる。

## 4. 蓄電池、リチウムイオン電池とその将来？

### 蓄電池とは；

電気エネルギーを蓄え、必要な時に取り出せる電池。アルカリ乾電池などとは違い、充電すれば繰り返し使える。自動車バッテリー用の鉛電池が有名。携帯電話やノートパソコンの普及に伴い、1990 年代、有害物質のカドミウムを使わないニッケル水素電池が量産

化された。さらに、軽量で、放電ロスの少ないリチウムイオン電池が登場、電気自動車などに使われている。

### 日経 2017.8.11 EV 大転換下、これが持続可能な未来だ、さらば石油、世界も揺れる

7月上旬に横浜で開かれた太陽光発電の見本市。目玉は米テスラだった。「太陽光で作った電気を蓄電池でためてEVで使う。これが持続可能な未来だ」。テスラのカート・ケルティ・シニアディレクターはこう語った。

一気通貫目指す

テスラは2月に社名から「モーターズ」を外した。16年に太陽光発電の米ベンチャーを買収。EV用電池に加えて据え置き型蓄電池にも事業を広げる。創業者、イーロン・マスク氏の狙いは発電からEVまで一気通貫のエネルギーインフラを作ることにある。なぜそこまでするのか。「発電時の二酸化炭素排出量まで考えれば、エンジン車はEVとの差がなくなる」。ある国内自動車メーカー幹部はこう主張する。背景にあるのは「ウェル・トゥー・ホイール」（油井から車輪）という考え方。燃料を作る段階からトータルの環境負荷を見る発想だ。国立環境研究所の調査では、ガソリン車に対するEVの二酸化炭素削減率はフランスの90%。一方、中国では15%減にとどまる。フランスは原子力発電の比率が高いのに対し、中国は7割以上を二酸化炭素を多く排出する石炭火力発電に依存するためだ。いくらEVを増やしても、エネルギー源から変えなければ根本的な地球温暖化対策につながらない。EVシフトの先には太陽光発電など再生可能エネルギーの拡大が待ち受ける。多くの企業がそのことに気が付き動き始めている。北欧では米IBMや独シーメンスなどが連携し、風力発電によるシステムの整備が進む。日本でも一部自治体で同じような実証実験が進むが、「欧州では既に商用段階に入っている」。石油メジャーを「変身」に動く。仏トタルは低炭素の液化天然ガス（LNG）などガスの生産量が発熱量ベースで原油を超えた。仏電池メーカーを買収し再生エネ事業の拡大にも走る。自動車に素材、そしてエネルギーまで産業構造を大きく変えようとしているEVへの大転換。それは世界の秩序にも影響を与える。

試される産油国

「40年には1日に800万バレルの石油の需要が減る」。米調査会社ブルーム・バーグ・ニュー・エナジー・ファイナンスはEVシフトの影響をこう予測する。800万バレルは石油輸出国機構（OPEC）の1日の生産量の4分の1に相当する。世界の石油消費量の65%は自動車など輸送用が占める。発電用途は全体の4%程度。自動車用の落ち込みを補うのは難しい。「各国が協調して需給調整するOPECの戦略が成り立たなくなるかもしれない」。日本エネルギー経済研究所の田中中東研究センター長は指摘する。需要減により協調が崩れれば、次世代産業にカジを切れるかどうかで産油国間の格差が広がる。不安定な中東に新たな不協和音を生みかねない。EVへの大転換は地政学に大きな影響を与える可能性もある。

### 日経 2017.8.10 EV 大転換 中、もっと増産できないか、「日の丸素材」試される優位



東京・港区にある住友金属鉱山本社。材料事業本部には催促がひっきりなしに届く。「もっと増産できないか」。主な相手は車載用リチウムイオン電池で世界首位のパナソニックだ。住友金属鉱山は車載用電池の正極材で世界大手。世界各国で次々にEVの量産計画が立ち上がるのを見据え、国内工場の生産能力を一気に2.5倍に引き上げることを決めた。世界で進むEV大転換。当惑気味の日本の自動車メーカーとは裏腹に、素材産業は「EV特需」に沸いている。

### 日経 2017.8.9 EV大転換 上、海図なき戦いだ、欧州発ドミノトヨタ走らす

100年超続いたエンジンの時代の終わりが見えてきた。英仏政府は2040年までにガソリン車やディーゼル車の販売を禁止し、中国やインドは環境規制を盾に自動車産業での下剋上を狙う。トヨタ自動車とマツダは電気自動車EVの共同開発に向けた資本提携を決めた。うねりを増すEVシフトはあらゆる産業に大転換を迫る。

#### 3か月で試作車

「EV試作1号車」。今春、トヨタはEVの投入に向けた試作車を完成させた。昨年12月に「EV事業企画室」を立ち上げ、従来の開発期間の半分となるわずか3か月で仕上げた。デンソーなどトヨタグループからの出向者ら企画室の4人が社内調整を省き迅速に仕様を決定。普及を見据え銀行や愛知県豊田市の関係者なども加えた約30人を集め開発期間を縮めた。「海図なき戦いだ」。マツダとの資本提携を発表した記者会見でトヨタの豊田章男社長はこう述べた。世界の2大市場、米国と中国で環境規制が強化され、英仏政府が40年までにエンジン車の販売を禁止するなど大気汚染対策の動きも世界中に広がる。「EVシフトは想定よりも早い」。異例の開発体制は危機感の裏返しだ。トヨタは走行距離の長いFCVを次世代環境車の本命とする。走行時に水しか出さず「究極のエコカー」とされるFCVだが、量産が難しく水素の充填インフラも未整備。開発が容易なEVが先に普及すればトヨタのシナリオに狂いが生じる。トヨタを突き動かしたEVドミノ。車の技術革新を牽引してきた欧州と世界最大の中国市場の「共振」が発端だ。VWから広がった排ガス不正問題でディーゼル車の信頼が失墜。パリやマドリッドは25年からの乗り入れを禁じ、ほかの大都市も追随する構えを見せる。一方で、ドイツ車の「ドル箱」である中国はEV普及を国策に掲げる。ドイツ勢の変わり身は早く、VWにダイムラー、BMWの独3社は25年に販売台数の最大25%をEVなど電動車にする計画を打ち出した。「未来は間違いなくEV」。VWのマティアス・ミュラー社長は言い切る。

#### 下剋上を狙う中国

中国やドイツを狙うのは参入障壁が低いEVシフトによる自国メーカーの競争力底上げだ。中国は既にEVの世界シェア3割を占め、比亜迪（BYD）など地元メーカーが市場を席巻している。中国資本傘下のスウェーデンのボルボ・カーは19年から販売する全モデルの電動化を宣言した。従来のエンジン車の部品点数は約3万個。EVでは部品の約4割が不要になるとの試算もある。それだけに従来の「勝ち組」には痛みを伴う。トヨタは今春、

EV などの生産拡大による部品メーカーへの影響を調べ始めた。トヨタ幹部は「変革のスピードアップと影響を抑える施策の両立を考えなければ」と悩む。富士経済によると 16 年の EV の世界販売は 47 万台で、うち日本車は 14%。また世界販売全体の 1%にも満たない EV が、エンジン車の誕生から 100 年以上続いた自動車産業を根本から揺るがす。

### 日経 2017.8.9 EV 時代もゴーン流、日産、逆張りの電池売却、脱・自前で調達コスト下げ

日産自動車が EV 時代に「ゴーン流」で臨もうとしている。8 日、車載用電池メーカー、オートモーティブエナジーサプライ (AESC、座間市) の株式 51%を中国の投資ファンドに売却すると発表した。EV の中核技術で前途洋々なはずの電池事業を手放す「逆張り」の判断の根拠は何か。「我々は (資本提携する仏ルノーなどを含め) 累計 46 万台を販売した。メディアが注目する米テスラの 2 倍だ」。日産のカルロス・ゴーン会長は 6 月の株主総会で、EV のリーディングカンパニーだと力説した。「グループで 2020 年までに 12 億ユーロ (約 1000 億円) を EV などの技術開発にあてる」と宣言。年内には AESC 製の電池が載る EV 「リーフ」の新型車も出す。そんな日産が AESC の中国 GSR キャピタルへの売却を決めた。売却額は非公表だが、総額 1100 億円前後とみられる。米英に持つ生産設備や神奈川県にある開発・生産部門も譲渡する。AESC に共同出資する NEC も、残り 49%の株式を日産経由で GSR に売る。NEC は電極を生産する子会社 NEC エナジーデバイスも GSR と売却の交渉中だと発表した。電池はガソリン車のエンジンに匹敵する EV の基幹部品だ。AESC を設立した 07 年当時は EV の普及に懐疑論が根強く「電池も内製するしかなかった」(日産幹部)。この 1、2 年で状況は一変。米中では EV など電動車の生産・販売を義務付ける見通しで、英仏は 40 年までにガソリン車とディーゼル車の販売を禁じると表明。EV シフトは今や世界の潮流だ。呼応して、電池は投資競争の様相を帯びてきた。例えば、7 月末にテスラが発売した量産型 EV 「モデル 3」。電池はテスラとパナソニックが約 50 億ドル (5500 億円) を投じた米ネバダ州の巨大工場生産する。世界最大の EV 市場である中国を中心に、韓国 LG 化学などの数百億~1 千億円の投資が相次ぐ。日産は電池の投資競争と距離を置く方が、「EV の開発や生産に専念できる」と自前主義を改めた。EV の生産コスト削減にもつながる。調査会社の富士経済によると、車載用リチウムイオン電池の 1 キロワット時当たり単価は 20 年に 2 万 1 千円と 16%下がる見通し。電池のバイヤーに徹し、供給先を天秤にかける方が合理的だ。「情より理」。今回の選択は 1999 年にルノーから日産に移り、大なたを振るってきたゴーン会長の行動と重なる。取引先との関係を聖域なく見直し、コストを下げてきた。鉄鋼の値引き要求は NKK と川崎製鉄が経営統合し、02 年に JFE ホールディングが生まれる引き金となった。17 年 3 月には系列最大の部品メーカー、カルソニックカンセイの株式を米投資ファンドに売却。今回は NEC の電池事業撤退につながった。一方で、自動車業界では「電池は EV の心臓。自前で続けた方が良かった」との疑問の声を上げる。トヨタ自動車はパナソニック、ホンダと三菱自動車はジーエス・ユアサコーポレーションと電池を共同生産する。各社が一気に EV 増産にカジを切れば、日産は電池を買い負

けしかねない。ゴーン流は EV でも正解なのか。答えはまだ見えない。

## 日経 2017.8.9 新エンジン燃費マツダ 3 割カイゼン、19 年に投入、二酸化炭素 50 年に 9 割減

マツダは 8 日、燃費を従来より 2~3 割改善できる新型ガソリンエンジンを 2019 年に投入すると発表した。こうした低燃費エンジンなどを活用し、同社として 50 年の二酸化炭素の排出量（1 台当たり換算）を 10 年比で 9 割減らす環境目標も示した。マツダは 4 日にトヨタ自動車との EV の共同開発を発表したばかりだが、得意のエンジン技術にも磨きをかけて生き残りを目指す姿勢を改めて打ち出す。新型エンジンは、8 日に都内で開いた技術開発の長期ビジョンで発表した。小飼社長は記者会見で「燃費はガソリンエンジンとして世界一」と強調し、「実質的な二酸化炭素削減へ独自のアプローチをする」と語った。新型エンジンは 11 年に投入した環境技術「スカイアクティブ」を大幅に改良し、投入する。ガソリンと空気が混ざった気体をピストンで圧縮して着火する技術を用いる。燃費のほか、アクセル操作時の応答性などが高まるのが利点。二酸化炭素排出量の削減目標をあえて示したのも、エンジン技術の実力を示す狙いがあるもようだ。低燃費エンジンなどの効果で、まず 30 年に 10 年比で 5 割削減する。車 1 台が走行時に出す二酸化炭素だけでなく、燃料採掘から車両走行までに排出される二酸化炭素全体を減らす。材料から製造、組み立て、廃棄といった車のライフサイクル全体も見直し、削減を加速させる。

自動運転技術についても 20 年に実証実験を始め、25 年までに標準装備することも明らかにした。ただ運転自体は人が中心との考えで、人が運転に関与しない「完全自動運転」の導入は否定した。今回のマツダのように得意分野に経営資源を集中させるのは、年産 100 万台規模の中堅自動車メーカーに共通する動きだ。EV や自動運転車が普及すれば車が汎用品になり、メーカーごとの差異化がしづらくなるという懸念もある。得意分野を磨かなければ生き残れないとの危機感は強い。マツダはガソリンやディーゼルエンジンなど内燃機関の性能を向上させ、走行時の楽しさを追求する。新型エンジンは燃費改善だけでなく、加速時の反応の良さも高める方針だ。個性的なデザインや鮮やかな車体色なども改良を進め、熱心な「マツダファン」を満足させることを重視する。SUBARU も先進運転支援システム「アイサイト」で安全性重視のイメージ普及を目指す。三菱自動車はセダンを縮小し、多目的スポーツ車（SUV）やプラグイン・ハイブリッド車（PHV）の展開を急ぐ。

EV はトヨタと連携、得意分野で生き残り

マツダは 4 日に発表したトヨタとの連携では、EV やつながる車（コネクテッドカー）などの領域の共同開発を打ち出した。競合他社に比べて出遅れている EV の投入や IT 機能の強化は「協調領域」と位置づけ、自前主義にはこだわらない方針。一方、得意分野であるエンジンは「車の心臓部で競争領域だ」。あくまで自社で技術を深掘りし、自動車業界での生き残りの活路とする考えだ。新型の低燃費エンジンをトヨタに供給する計画は、現時点では無いとしている。エンジン車を巡っては、フランスと英国が、40 年までに自国内でガ

ソリンとディーゼル車の販売を禁止する方針を発表した。中国や米国でも環境規制が強化されるなど、逆風が強まっている。小飼社長は19年にEVとHVを投入する従来方針を改めて説明。EVには独自技術のロータリーエンジンを発電機として積んだモデルをそろえる。そのうえで「今後も新興国など（充電など）インフラが整備されていない地域では、内燃機関（エンジン）の活用が重要だ」と語り、エンジン需要は持続するとの考えを示した。

#### 日経 2017.8.8 トヨタ、欧州でHV拡充、ディーゼル逆風、EV時代への橋渡し

トヨタ自動車は欧州でHVの品ぞろえを増やす。同一車種でも廉価タイプや高出力など複数の仕様を投入する。欧州では英仏政府がガソリン・ディーゼル車の禁止を相次ぎ打ち出し、2040年前後からEVへの急速な需要シフトが予想される。それまでの橋渡し役としてHVの販売を強化。エコカーの主導権を握り、EV時代の到来に備える。

トヨタヨーロッパ社長が明らかにした。欧州でのHVの販売比率を20年に16年比18ポイント増の50%に高める。欧州では「ヤリス（日本名ヴィッツ）」や「オーリス」などの主力車種でHVを販売しエチル。「レクサス」の一部を除けば現在は1車種につきHVは1つの仕様しかない。今後はすべての車種で、電池容量や車両の出力など原則2つ以上の仕様を用意。20年までの早い時期から順次投入する。ドイツでは16日以降、他社を含めたディーゼル車からトヨタのHVに買い替える場合、4千ユーロ（約52万円）を値引きする。VWの排ガス不正が発覚した15年以降、欧州ではディーゼル車のイメージが悪化。大都市での乗り入れ規制の議論も活発になり、販売シェアが低下している。一方でHVの認知度は高まっており、トヨタの欧州（ロシアやトルコを含む）でのHV販売台数は16年は前年比41%増の29万5千台だった。今年1月～6月も勢いは衰えず前年同期比44%増えた。16年11月に投入した小型多目的スポーツ車（SUV）「C-HR」は約8割をHVが占めている。トヨタの1～6月の欧州での新車販売台数は52.7万台と前年同期比11%増。シェアは前年同期比0.3ポイント増の4.9%となり、HVがシェア回復に貢献している。ガソリン車のエンジングレードが複数あるようにHVでも選択肢を増やして顧客のすそ野を広げる。トヨタのディーゼル車の販売比率は1～6月に15.2%と16年通年に比べ3.4ポイント低下した。ただ「大型車では需要がある」と販売を続ける方針を示した。当面はHVが主力となるが、EVも「時期は明らかにできないが必ず販売する。HVのモーターと電池の制御技術は生かせる」と強調した。FCVについては「遠い将来の技術。HVの普及には20年以上かかった。FCVはそれ以上かかるかもしれない」と述べた。

#### 読売 2017.8.5 トヨタ、陣営拡大急ぐ、マツダと資本提携、先進技術開発、各社で分担、業界再編、加速の兆し、米政権念頭か

トヨタ自動車とマツダが資本業務提携するのは、電気自動車（EV）や自動運転など先進技術の開発に巨額の費用がかかり、陣営の強化を急ぐ必要があるからだ。IT大手など異業種が相次いで参入するなど、自動車業界は「100年に1度」と言われる変革期を迎えている。

自動車業界は今後、さらに合従連携が進む可能性がある。

#### 次に投資

「新しい仲間を広く求め、競争し、協力しあっていくことが大切になっている」トヨタの豊田章男社長は4日の記者会見で、自動車メーカーが置かれていた状況について語った。トヨタはこれまでに、ダイハツ工業を完全子会社化し、SUBARU（スバル）といすゞ自動車にも出資している。スズキとも業務提携に向けた検討を進めており、「トヨタ陣営」は拡大している。

トヨタはここ数年、先進技術の開発を巡り、矢継ぎ早に投資を行っている。2016年1月には、米IT大手マイクロソフトと自動運転の開発に不可欠な走行データの収集、解析を行う合弁会社を設立した。さらに、今年5月には米半導体大手エヌビディアがトヨタと人工知能（AI）の開発で協業すると発表した。

ビックデータの解析やAIに関する自動車メーカーの技術的な蓄積は少ない。開発費を負担し合うだけでなく、「陣営」に参加する各社が開発分野を分担し、それぞれの得意分野を生かす体制を整えたい考えだ。

#### 米政権念頭か

トヨタとマツダは、米国で完成車工場を建設する計画だ。トヨタは1月、トランプ大統領からツイッターで名指しの批判を受けた直後、米国で5年間で1兆円を超える投資を行う方針を示した。トランプ大統領は、さっそくツイッターで歓迎の意を示した。マツダは米国内に工場を持っていない。現在はメキシコなどから輸入した車を米国で販売しているが、米政権の今後の対応によっては輸入車の関税が引き上げられるといった事態も想定される。ただ、単独で工場を新設する投資余力は乏しく、トヨタと連携して現地生産に乗り出す。

#### 業界再編 加速の兆し

自動車業界では、世界販売台数が年1000万台規模のメーカーは「1000万台クラブ」と呼ばれている。日産自動車は16年10月、燃費データ不正問題が発覚した三菱自動車を傘下に収め、仏ルノーを含む「3社連合」となり、1000万台に迫った。日産からは、今回の資本提携について、「トヨタ陣営の勢いが増すのは警戒しなければならない」（幹部）との声も出ている。

一方、ホンダは燃料電池車（FCV）の基幹部品の開発、生産でGMと提携するなどしているが、他社と比べると独立路線を維持している。倉石副社長は1日の決算記者会見で、「優位性のある技術は独自開発していく」つする一方、他社との協業も「全くないということではない」と含みを持たせた。ホンダの今後の動向にも注目が集まる。次世代自動車を巡っては、IT大手Googleが自動運転の実験車両を使った開発を加速させているほか、米テスラがいち早く、EVの量産化に踏み出すなど「新興勢力」の動きが目立つ。住商アビーム自動車総合研究所の大森社長は「これまで自動車を作ってこなかったIT業界などの新興勢力に対抗するためにも、自動車メーカーのグループ形成は進んでいく」と指摘する。

## 読売 2017.8.5 EV 普及何が必要、走行距離と価格がカギ

エコカーとは？ 有害物質などが含まれる排ガスの量を減らす機能を備えたクルマが「エコカー」と呼ばれることが多い。日本では広く普及しているのは、ガソリンとモーターの両方で走るハイブリッド車（HV）だ。1997年にトヨタ自動車が「プリウス」を発売して以来、エコカーの主演となってきた。HVを進化させ、家庭などで充電できるようにしたプラグイン・ハイブリッド車（PHV）の普及も進んでいる。PHVは、ガソリンを使わずに、車載バッテリーに充電した電気だけで走ることも可能だ。もっとも、その走行距離は車種によって異なるものの、おおむね60～70 km程度で、ガソリンに頼る部分が多い。欧州では、有害物質の排出を抑えたグリーンディーゼル車が人気を集めてきた。一方、燃料として全くガソリンを使わないエコカーの代表が、電気自動車（EV）だ。家庭や市街地などにある充電施設で車載モーターを回して走る。急速充電施設で、上限の8割程度まで充電する場合にかかる時間は30分程度だ。積み込んだ水素と空気中の酸素を反応させて発電し、モーターで走る燃料電池車（FCV）もある。

エコカーの生産状況は？ 英調査会社のHISマークイットの調べによると、2016年度に世界で生産された車のうち、HVは243万台、PHVは35万台、EVは48万台だった。これが、25年度には、HVが2578万台、PHVは539万台、EVは370万台になると予想されている。ただ、巨大市場である米欧や中国でクルマへの環境規制が一段と強まれば、それに対応しようと、自動車メーカーが競うようにEVの生産台数を大きく増やす可能性がある。

EV普及への課題は？ カギを握るのは、1回の充電で走る距離だ。日産自動車の「リーフ」は、走行距離を280 kmまで伸ばしているが、HVなどと比べると大きな開きがある。価格も下がってきてはいるものの、ガソリン車よりなお、割高だ。一方、普及への課題とされてきた充電設備は増えている。次世代自動車振興センターによると、16年度末の国内のEVやPHVの充電設備は、国の補助金を受けたものだけでも、約3万6000か所で、2年間で約3倍に増えている。これに対し、燃料電池車に水素を供給する水素ステーションは現在、国の補助金を受けたもので、わずか80か所にとどまっている。

## 日経 2017.7.30 EVが変えるクルマ経済、テスラ、初の量産車出荷、ガソリン税収先細り、走行距離分で徴収論も、「エコカー」実効性、電気の作り方で差

米テスラが28日、新たな電気自動車「モデル3」の出荷を始めた。同社初の量産車種であるうえ、フランスや英国がガソリン車などの販売を禁止する方針を打ち出し、注目度はがぜん高まる。EV時代の本格到来は社会を大きく変える可能性があり、米国ではガソリン税に代わる財源として走行距離に応じて課す「マイル税」の議論も始まった。

テスラはトヨタとGMの合弁工場を買い取った米カリフォルニア州のフリーモント工場で、EV「モデル3」の出荷式を開いた。イーロン・マスク CEOは「量産立ち上げに苦闘す

る地獄の日々へようこそ」と社員を鼓舞した。テスラは米国での EV で 2 年連続のシェア首位。2018 年に現在の 5 倍以上にあたる年産 50 万台という前例のない急拡大計画を掲げる。ディーゼル車の排ガス不正では独フォルクスワーゲンに続き、ダイムラーやアウディなどでも疑いが強まり、歯止めがかからない。既存の内燃機関への逆風は強まる一方だ。各社は一気に EV にカジを切りつつある。EV 化は社会に新たな課題をつきつける。米ミネソタ大学ディレクターのフランク・ドゥマ氏は「EV の普及でガソリン税に頼ってきた道路財源が急減する可能性がある。走行分課税するマイル税の議論が始まった」と語る。

米最大の約 4 千万人の人口を抱えるカリフォルニア州の場合、道路インフラ整備の予算は 72 億ドル。この財源の約 3 分の 2 以上をガソリン・ディーゼルからの税金に依存しているのが現状だ。センサーや通信機器を多数搭載する未来の EV は簡単に走行距離を追跡できる。課金には料金ゲートも必要ない。EV の普及が電力不足を招くリスクもある。帰宅後の充電と電力消費のピークが重なるからだ。米調査会社ブルームバーグ・ニューエナジー・ファイナンスは世界の電力消費に占める EV 充電の割合は 40 年までに 8% に膨らむとみる。テスラは EV 向けと合わせて量産した据え置き型の充電機も販売。電池やネットワークでつないで機動的に運用することでこれを解消しようとしている。EV と蓄電池は両輪として、18 年以降に一気に市場が拡大しそうだ。EV 拡大の背景にあるのが各国政府による EV 優遇策だ。世界最大市場の中国では 18 年からメーカーに一定割合のエコカー生産を義務付け、燃費規制も強化している。インドは HV に高税率、EV に低税率とする新税制を導入した。30 年までに全新車を EV にする計画だ。フランスは 40 年までに内燃機関で走る車の販売を禁止する。主要国の EV とプラグイン・ハイブリッド車を合わせた市場シェアは 16 年に初めて 1% を超えた。主要国は 30 年にこれを 3 割にする目標を掲げている。HV ではトヨタを筆頭に日本勢が圧倒的に優勢だったが、電気系の部品を多用する自動運転技術は EV との親和性が高い。既存のガソリン車から撤退を決めたボルボ、モデル 3 と競合する自動運転 EV を開発中の GM など、欧米中印のメーカーが自動運転と EV の組み合わせで日本車シェアを奪おうとしており、業界地図が変わる可能性がある。

「エコカー」実効性電気の作り方差

温暖化など環境負荷の軽減の旗印として、走行時に二酸化炭素を出さない EV が世界の主流に躍り出ようとしている。だが「燃料」となる電気を何で作るかで、環境保全の実効性は大きく変わってくる。大気に排出される二酸化炭素のうち、自動車など運輸関連は日本では 17%。世界全体でも 2 割程度とされる。ガソリン車から EV に替れば、乗り物から排出される二酸化炭素はゼロになる。しかし、EV については、どのようにそのエネルギーである電気を得るかへの戦略も不可欠だ。国立環境研究所によると、ガソリン車と比較した EV の二酸化炭素削減率は、原子力発電所の多いフランスで 90% 減に対し、石炭火力発電の多い中国は 15% 減にとどまる。EV 時代では、車体だけを考えた環境対応では立ちゆかなくなっている。

## 日経 2017.7.27 欧州発、電気自動車シフト、脱石油、世界の潮流に、英もガソリン車販売禁止へ、エコカー、生命線に、日米欧、開発競争激しく

欧州発の EV シフトが加速している。英政府は 26 日、2040 年までにガソリン車やディーゼル車の販売を全面的に禁止すると発表した。世界の石油消費の 7 割弱は自動車など輸送用が占めるが、環境対策として「脱石油」が世界的な潮流になりつつある。自動車メーカーの戦略や需要が伸びる電力の確保に向けたエネルギー政策は対応を迫られる。

英国のゴープ環境相は 26 日、英 BBC で「新車販売の禁止により（10 年間で）ディーゼル車とガソリン車を全廃する」と語った。26 日発表した措置は、排ガスによる都市部での深刻な大気汚染問題や地球温暖化に対応するのが狙い。EV の普及を促すことで、国内での関連技術の開発を後押しする。

地方自治体による排ガス抑制策を支援するため、2 億 5500 万ポンド（約 370 億円）の予算を用意し大気汚染対策に計約 30 億ポンドを投じる。汚染が深刻な地域では、規定を満たさない車両の乗り入れ禁止や通行に課金するなどの措置を導入する。欧州では燃費に優れたディーゼル車の利用が多いが、最近では車から排出される窒素酸化物により大気汚染の問題が深刻になっている。独自自動車大手フォルクスワーゲンによる排ガス不正問題の発覚などにより、ディーゼル車の性能に対する不信の高まりも全面禁止の動きを後押ししている。

環境意識の高いオランダやノルウェーで 25 年以降のディーゼル車やガソリン車の販売禁止を検討する動きもある。自動車大国のドイツでも昨秋に 30 年までにガソリン車などの販売を禁止する決議が国会で採択された。法制化には至っていないが、「脱燃料車」の機運が高まっている。うねりはアジアにも及んでいる。インド政府は今年 4 月、「30 年までに販売する車をすべて EV にする」との目標を表明し、中国でも類似の政策が打ち出されている。一気に EV にシフトして自国の有力産業に育成しようとの思惑も働いている。日本政府も 30 年までに新車販売に占める EV やプラグイン・ハイブリッド（PHV）などの割合を 5~7 割にする目標を掲げる。ただ従来型の燃料車向けの部品など多くの関連メーカーがあるだけに、大胆な政策変更をしにくい面もある。

国際エネルギー機関（IEA）によると、16 年の EV などの新車販売は 75 万台超。累計では 200 万台を超えた。20 年には最大 2 千万台、25 年にはどう 7 千万台と予測する。EV の普及はガソリン需要を押し下げる。経済産業省が 6 月に公表したエネルギー白書によれば、世界の石油消費の内訳は自動車など輸送用が 14 年時点で 65% を占めた、格付け会社フィッチ・レーティングスは欧州の新車販売割合で EV が 10 年以上 5 割を保つと、ガソリン需要が 4 分の 1 減ると分析する。逆に電力需要は伸びる。例えば日本では、全ての乗用車が EV に変わると消費電力量は単純計算で 1 割増えるとの試算もある。EV シフトを進めるには電力の供給量確保がカギとなる。英国は環境に配慮して風力などの再生可能エネルギーの比率を 2 割強に高め、石炭への依存を減らしているが、電力供給は現状でも綱渡りだ。原子力発電所の老朽化により、新規の原発を予定通り建設できなければ、20 年代にも電力不足に陥る恐れがある。欧州を中心に再生エネルギーは発電コストが低下しているが、原発は



福島第一原発事故をきっかけに世界的にも推進が容易ではなくなっている。EV シフトを進めるには、温暖化や大気汚染の対策と両立させながら電力需要拡大に対応するエネルギー政策が求められる。

エコカー、生命線に、日米欧、開発競争激しく

自動車メーカーは EV や PHV に軸足を移す必要に迫られている。既に中国が国策として EV 優遇を鮮明にし、インドも EV の税率を引き下げた。欧州の主要国までが相次ぎガソリン車への規制強化を表明したことで、EV へのシフトを進めなければ世界市場で生き残れないとの危機感が強まっている。トヨタ自動車は 2019 年にも中国で EV を量産する検討を始めた。エコカー戦略は HV と FCV を柱に据えてきた。しかし、中国政府が補助金や減税、地租でのナンバープレート取得で優遇策を打ち出した EV への対応が不可欠となった。トヨタは 50 年までにエンジン車をほぼゼロにする目標を掲げる。16 年末に「EV 事業企画室」を設置した。HV で蓄積した電池のノウハウを生かして競争力の高い EV 会派を急ぐ。EV 化の流れを世界に印象付けたのがスウェーデンのボルボ・カーの動きだ。19 年以降に全車種を EV や HV にすると 7 月初旬に宣言した。有力メーカーで長期目標を除き「脱内燃機関」を表明したのは初めて。各国の環境規制や消費者ニーズの変化を先取りしたと受け止められた。独フォルクスワーゲンも 25 年にグループの販売台数の 20~25% を電動車にする方針を掲げるなど欧州勢も一斉に比重を映す。独ダイムラーは 25 年までに EV 比率を 15~25% に高める。米フォード・モーターは EV と HV を合わせたエコカーの中国の販売比率を 25 年までに 7 割に引き上げる。日経メーカーも各国の動きに敏感に反応している。ホンダは 30 年には販売する車の 3 分の 2 を HV や EV などエコカーにする計画。日産自動車は 17 年にも EV 「リーフ」の新型を発売する。

#### 日経 2017.7.26 米、蓄電池の普及加速、再生エネと合わせ低コスト、発電所を補う存在に

米国で蓄電池の普及が急速に進んでいる。2016 年 1 年間の増加ペースは 13 年比で 6 倍弱に拡大し、22 年には現在の 10 倍に増える見通しだ。太陽光などで発電した電気を低コストで蓄積し、家庭や企業の料金節約につながるためだ。投資がかさむ火力発電所などの補完が期待され、自治体も補助金を拡充する。米テスラや韓国・LG 化学などは生産を急拡大している。米 GTM リサーチによると、16 年に増設された蓄電設備の出力規模は 26 万 kw。金額に換算すると、市場規模は 3 億 2000 万ドルに達する。出力規模の増加ペースは 22 年に 260 万 kw に増える見通しだ。これは一般的な火力発電所 3 基の発電能力に相当する。テスラは訳千億円を投じ米ネバダ州の巨大工場で蓄電池の量産を加速する。今年に入っても約 400 億円を追加投資した。LG 化学も米ミシガン州の工場で生産を拡大中だ。

急成長しているのは企業や家庭だ。料金がピーク時の時間帯に蓄電池からの電気に切り替える動きが進んでいる。テスラの蓄電池を導入すれば、カリフォルニアの一般的な家庭で年間 10 万円前後節約できるという。市場の拡大を背景に価格は、直近 3 年で 4 割以上低下している。米調査会社ブルームバーク・ニュー・エナジー・ファイナンスは、25 年

までの 10 年間で価格は約半分になるとみる。設備の低価格化も市場拡大の追い風となりそうだ。普及が急速に進む背景にはいくつかの要因がある。1 つは太陽光発電や風力発電など再生エネルギーの普及だ。再生エネが全体に占める比率が 2 割弱まで上昇。再生エネの発電量の振れが大きいため送配電網の安定運用が難しいが、蓄電池を使えばこうした課題を克服できる。コストを押さえたい電力会社の意向もある。米国では環境意識の高まりなどから都市周辺での発電所の新設は難しくなっている。国土が広大な米国では長距離送電網の維持には膨大なコストがかかる。電力会社は再生エネルギーと蓄電池を組み合わせたパッケージの提案に積極的だ。自治体の支援も普及を後押しする。ニューヨーク、マサチューセッツ、ハワイなど電気が高い州では電力会社に蓄電池の調達義務を課したり、導入すれば税額を控除したりする政策を打ち出した。新たなビジネスも生まれつつある。各家庭や企業に設置した複数の蓄電池をソフトで一体制御し、あたかも発電所のように機能させる「仮想発電所」サービスだ。米国三井物産は、同事業を手掛ける米ベンチャー、ステムに投資し、IHI もこの分野を拡大している。

蓄電池の普及が進む米国に比べ、日本の市場拡大ペースは鈍い。家庭や企業の設置ペースが限られ、工事コストがかさむためだ。政府は 20 年度の蓄電池価格を 15 年度の半分以下にする目標を設定。官民が連携して普及に取り組む考えだ。

#### 日経 2017.7.26 ガソリン・ディーゼル車販売、英も 40 年までに禁止

#### 日経 2017.7.2 再生エネ 空気に貯電、風力や太陽光発電の普及を後押し、安全性高く長期使用も可能

空気を使って電気を大量にためる。こんなアイデアを生かした電力貯蔵技術の開発が進んでいる。タンクや地下の空洞に電気で空気を圧縮して入れ、必要な時には圧力が高い空気を取り出して発電機を動かす。自然の空気を使うため、ほかの貯蔵技術に比べ安全性や耐久性で優れる。余った電力を蓄える方法として広まれば、風力発電や太陽光発電など再生可能エネルギーの普及を後押しできそうだ。

温泉街で知られる静岡・伊豆の河津町。4 月、海沿いの市街地から車で約 20 分上がった山の麓に白い巨大タンクが登場した。「シュー」と静かな音を鳴らしながら稼働する。国内で初めて本格設置された空気で電気を蓄える装置だ。タンクは直径 2m、高さ 11m で、その数は 52 基。タンクの横にはコンテナサイズの充電器（圧縮機）と発電機が並んでいる。装置は「圧縮空気エネルギー貯蔵システム」と呼ばれ、エネルギー総合工学研究所や新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、早稲田大学が設置した。電気を蓄える仕組みは簡単だ。送電線から来た電気で圧縮機を動かしタンクに約 10 気圧で空気を押し込む。電気が必要なときはタンクにある高圧の空気で発電機を回す。空気中の酸素を取り込む空気電池とも異なる方法だ。装置の貯蔵能力は約 1 千 kw。同研究所の蓮池理事は「実証実験を通して実用化し、再生エネを普及させたい」と話す。再生エネは地球温暖化防止につながる

る一方、発電量が天候に左右され安定しない。そのまま送電線に流すと供給と需要のバランスが崩れて停電を起こす恐れがあり、優れた貯蔵技術への期待は高い。実験では、近隣の東京電力・東伊豆風力発電所と送電線をつないだ。風力発電の能力は約1万8千kw。装置を運転するときは天気予報などからふう力の発電量を予測し、発電量が需要を上回って電力が余りそうな場合は装置を運転して蓄える。逆に、需要が発電量を上回り電力が不足しそうななら空気で発電機を動かして電気を送る。2018年度末まで実験を続けて性能を評価する計画だ。今回の装置は神戸製鋼所が独自開発した技術を活用した。自社製品で培った圧縮機の技術を応用。神戸市の研究所で最大出力55kwの小型蓄電装置を試作し、昨年は空気を圧縮して電力をためる技術の実用化にメドをつけた。空気を圧縮したり膨張したりする際には、空気の温度が上下し温熱や冷気も回収できる。神戸製鋼の猿田室長は「冷暖房も供給できる利点がある」と強調する。同社は「空圧電池」と名付けて商標も登録。早ければ来年にも、集合住宅やビルが建つ地域向けエネルギー供給システムとして実用化を見込む。ほかの貯蔵技術と比べるとどうか。空気による貯蔵は、充放電効率やコストは劣るものの、空気を主成分とするため寿命は20年以上と長い。リチウムイオン電池のような電解液を使わず安全性も高い。コスト面では電中研の試みがある。休廃止した鉱山に着目。神岡鉱山で実験し、空洞に水を注入した後に空気を押し込み水圧で電気をためられる可能性があると分かった。水をくみ上げて電力をためる揚水発電並みの費用で造れる見通しを得た。実は海外では約30年前から空気による貯蔵が実施されている。ドイツ・フランクフルト発電所では78年から、原子力発電所の夜間の余剰な電力の貯蔵を始めた。91年には米国の石炭火力発電所で同じ方式が導入された。いずれも空気だけでなく、ガスタービン発電機を組み合わせる。最近の実用化例も欧米だ。カナダの電力ベンチャー、ハイドロストー社海に風船を沈めて圧縮空気を入れて膨らませる技術を開発。トロント郊外で出力700kwの設備を稼働した。地下の空洞に貯水池を設けてパイプで空気を挿入し、地下の圧力で圧縮する技術の商用化も検討する。独電力大手のRWE社は、同国に多くある岩塩の鉱山に目を付けた。採掘をやめた鉱山跡地の空洞に、地上からパイプを挿入して空気を入れる。連邦政府の補助金を受けて設備の稼働を目指す。「電力貯蔵は温暖化対策の鍵を握っている」と独経済エネルギー省の担当者は指摘する。脱原発を進める同国では、再生エネとその普及につながる貯蔵技術は、車の両輪と言える。産業を育成し他国に売り込む戦略も垣間見える。再生エネの普及で電力貯蔵技術の開発競争は激しい。いずれの技術も一長一短はあるが、切磋琢磨しながら新たな市場を開拓すると期待される。

#### 日経 2017.4.24 リチウムイオン電池、容量1.5倍、寿命1.7倍、I.S.T

樹脂材料を手がけるI.S.Tはリチウムイオン電池の容量を従来比5割、寿命を7割高める電池技術を開発した。主要部材の電極にシリコンを採用すれば可能だが、シリコンだと電気が流れる銅箔が剥がれやすい難点があった。同社は剥がれにくい特殊樹脂の接着剤を開発。シリコン製リチウムイオン電池の実用化にめどを付けた。・・・

日経 2017.4.11 テスラ、GM も抜く、時価総額、一時、510 億ドル、成長期待先行、米自動車で首位

日経 2016.12.19 EV400 キロ走行、充電 1 回、日立が蓄電池、容量 2 倍に、20 年の実用化を目指す

日立製作所は 1 回の充電で約 400 km を走行できる EV 向けのリチウムイオン電池技術を開発した。従来の電池に比べて容量が 2 倍になり、源氏あの EV より走行距離が 4 割ほど延びる。電極にニッケルの合金などを使い、厚みを増すなどの工夫で、大量の電気を蓄えられるようにした。耐久性を高めて充放電を繰り返しても性能が落ちないようにした。2020 年の実用化を目指す。……

2010 年 8 月 10 日日経「充電速く大容量・長寿命 電気自動車用の電池 三菱化学、GS ユアサ 性能高め世界一保つ」

三菱化学やジーエス・ユアサコーポレーションなど電池・材料各社が電気自動車用の電池の性能を大幅に高める技術を相次ぎ開発した。リチウムイオン電池に関する材料技術で、「短時間充電」「大容量」「長寿命」の次世代電池の実現につなげ 2～3 年以内の車両搭載を目指す。EV 用電池は日本勢が主導権を握っており、低コストな高性能電池を早期に開発し海外企業の猛追に対抗する。リチウムイオン電池は EV の中核装置。日本勢は電極材や絶縁材など同電池の材料では世界市場 (8000 億円) で 8 割のシェアを握っている。ただ、技術的課題が多いほか、韓国や中国の電池メーカーの追い上げが激しい。日本各社は一段の性能向上とコスト低減に注力。電極材や絶縁材などの構造や素材を改良し、既存の電池を上回る性能を実験などで確認した。現在、約 15 時間かかる充電を 1 晩 (約 10 時間) に短縮することや、数年程度の寿命を 10 年以上に延ばすことにメドをつけた。

三菱化学はこれまで難しかった電池の短時間充電を可能にする新技術を開発した。絶縁材の穴を工夫したほか、負極材に安価な天然の黒鉛を使うなどの改良を加え、1.5 倍の速さで充電できるようになった。家庭用の 100 ボルトの電源でも 1 晩 (約 10 時間) で充電でき、30 分の充電なら、100 キロメートル近く走れるようになる。

戸田工業は米アルゴンヌ国立研究所と、電池の容量を従来と比べ 1.5 倍に増やす技術を開発した。3 元系という材料を正極材に使った。同じ車を同一条件で走らせた場合、1 回の充電でこれまでの 1.5 倍の距離を走れるようになる。

日本ゼオンは負極材の原料に使うゴム素材で電池の性能低下を抑えるタイプを開発した。零下 10 度でも充電容量を従来より 3 割高められ、寒冷地での EV 普及に対応する。

ジーエス・ユアサは「リン酸リチウム」と呼ぶ新材料を正極材に使って高性能電池を作ることになった。正極材はこれまでレアメタルを使っていたが、それらよりも価格が安く、充放電を繰り返しても性能が落ちず寿命が長い。

従来のマンガン系材料を使った電池は 1000 回充放電すると容量が 68%に減るが、試作した電池は 90%を保った。寿命を 10 年以上に延ばせる見通し。零下 30°Cの環境でも正常に動くことを確かめた。

EVは昨年 7 月、三菱自動車の世界で初めて量産車を発売したのに続き、日産自動車が年内に投入する。トヨタ自動車とホンダも 2012 年に発売する。だが、ガソリン車並に長距離を走るには電池の容量がまだ小さいほか、頻繁に充電しなければならず、改善の余地が大きい。

また、昭和電工は発火を抑える電解液、東ソーはコスト 7 分の一の正極材料、チッソは出力・充電速度上げる絶縁材を開発している。

### 2010 年 4 月 17 日日経「プリウスに高性能電池 蓄電能力 2 倍トヨタ、普及へ先手 パナソニックと量産」

トヨタは 2011 年初め、動力源に次世代の高性能電池であるリチウムイオン電池を採用したハイブリッド車を発売する。現行のハイブリッド車に比べ、車体を軽くして燃費性能を向上させたり、室内をひろくしたりしやすくなる。トヨタは車両価格を現行型の電池を搭載したモデルと同等に抑える。普及価格のハイブリッド車へのリチウムイオン電池搭載で先行し、世界市場で他者を突き放す戦略だ。

リチウムイオン電池は現行のハイブリッド車に搭載しているニッケル水素電池に比べて、一般的に加速性能に直結する出力が 1.5 倍程度、一度にたくさんの電気を蓄える蓄電能力は 2 倍程度高い。ただニッケル水素電池に比べるとコストが高く、一台あたり数十万円単位の原価押し上げ要因になるとされる。トヨタは思い切った低価格戦略を採用し、他社に先駆けて量産効果を引き出す。トヨタは新開発する「プリウス」ブランドのミニバンにリチウムイオン電池を搭載する。プリウスのミニバンは 3 列シートで 5 人～7 人乗りを想定。電池が小型・軽量になる利点を生かして車内スペースを広げ、座席や荷物室を柔軟に配置するなど使い勝手を高める。

新型ハイブリッド車ではニッケル水素電池搭載モデルも併売し、価格を同水準に設定する。トヨタは 1997 年の初代プリウス発売以来、一貫してニッケル水素電池を搭載してきた。今後は両タイプの電池搭載車をそろえて、消費者の幅広い需要を取り込む。15 年前後に投入を計画する次期プリウス以降のハイブリッド車でも、リチウムイオン電池搭載モデルを併売する方針だ。ハイブリッド車用のリチウムイオン電池はまずトヨタ本体の貞宝工場で製造する。さらにパナソニックと共同出資する電池会社、パナソニック EV エナジーでも、ニッケル水素電池に加えてリチウムイオン電池の生産を始める計画だ。

### 2009 年 12 月 20 日読売「パナソニック、家庭用蓄電池を商品化」

大坪社長は「(住宅で使う電気をためておける) 家庭用蓄電池で最初に市場に打って出る」と述べ、2011 年度ごろに 1 週間程度の電気をためておくことができるリチウムイオンの蓄

電池の実用化を目指す考えを示した。「家庭用蓄電池できちんとした試作品を出しているのは当社と三洋だ。二酸化炭素ゼロの暮らしを実現するのに最も近い位置にいる」と述べた。三洋の子会社化を機に蓄電池の開発を加速させ、家庭で使っている電気の使用状況がテレビ画面で確認できるシステムなどと一緒に売り込みたい考え。住宅用の太陽電池や燃料電池は、発電できるが電気をためておくことができないため、蓄電池の開発が急務になっている。パナソニックは TOB で三洋株の 50%強を取得した。売上高の合算（2010 年 3 月期見込み）は 8 兆 6600 億円で、国内首位の日立製作所と肩を並べる。

三洋電機との相乗効果については「家庭用蓄電池できちんとした試作品を出している当社と三洋が互いに技術や事業戦略を開示することができる。家庭用蓄電池では、最初に市場に打って出る。太陽光や燃料電池という発電の機器も持っているので、大きな商機が生まれる。自動車用電池でもハイブリッド車や電気自動車のすべてに対応できる」、白物家電など重複分野の再編や成長戦略は、「1 月 8 日に考え方を発表し、5 月の決算発表時に重複事業の取扱いなどを示す」、「パナソニック」「三洋」両ブランドの扱いは、「しかるべきタイミングで統一すべきだ。ただ、それまでに判断すべき要素はたくさんある。新しい中期計画は三洋ブランドを残して立案する」、円高、デフレで経営環境は厳しい。「中国やインドなど、デフレの陥っていない新興国の中間所得層が求める商品を出していく。我々の販路に三洋の商品も乗せたい」

#### 2009 年 11 月 23 日日経「次世代蓄電池、充放電を実現、容量リチウムイオンの 5 倍、大阪府立大学、基盤技術を開発」

大阪府立大学の辰巳教授らはリチウムイオン電池の 5 倍の蓄電性能を引き出せる「リチウム—硫黄電池」の基盤「電でガソリン車並みに長距離走行するのに欠かせない次世代蓄電池の有力候補になるとみている。

リチウム—硫黄電池は正極に硫黄化合物、負極にリチウム合金、電極の間でイオンや電子をやり取りする電解質にリチウムや硫黄、リンなどの固体物質を使う。正極に硫黄を使うと蓄電性能が飛躍的に向上することは知られていたが、電解質に硫黄が溶けだし、繰り返し充放電する蓄電池（2 次電池）は作れなかった。辰巳教授らは、電解質材料と硫黄、炭素を細かく粉碎し固めて正極を作製。リチウム・インジウム合金の負極と組み合わせて、リチウム—硫黄電池を試作した。取り出せた電気エネルギーは硫黄 1 グラム当たり 1 0 0 0 ミリアンペア時以上でリチウムイオン電池の理論限界を大きく超えた。充放電を 200 回繰り返しても、性能劣化はほとんどみられなかった。地球温暖化対策の切り札として期待の大きい電気自動車を本格的に普及させるには、基幹部品となる蓄電池の容量や出力を大幅に高めなければならない。1 回の充電で 500 キロメートル前後走行できる電気自動車を実現するため、経済産業省は蓄電池の性能を 2030 年ごろまでに現状の 7 倍に引き上げることを目標に掲げている。リチウムイオン電池では理論的に達成は困難で、次世代蓄電池の研究開発が盛んだが、2 次電池は作製できていない。硫黄は安価で電池の低コスト化に役立つ

可能性もある。今後、リチウム―硫黄電池が発電する際のメカニズムを調べて、適切な作成条件を探る。

次世代電池は、リチウムイオン電池の性能を大幅に上回る蓄電池。リチウム―硫黄電池のほかに**空気中の酸素を反応させて電気を生む「金属―空気電池」**（正極に空気中の酸素を利用する触媒材料、負極に亜鉛やアルミニウム、リチウムなどの金属を採用。正極の容積が小さくなり、小型・軽量化できる。）や、**複数個の電子をやり取りする「多価イオン（カチオン）電池」**（正極に酸化物材料、負極にマグネシウム、アルミニウムなどの金属を採用する。1つのイオンで複数個の電子が移動するため、同じ大きさの電池で複数倍のエネルギー移動が可能。）などが有力候補として挙げられている。蓄電池の容量や出力の性能は電極や電解質にどんな材料を採用するかによって理論限界が決まる。高性能を引き出すための材料の組み合わせがわかっているにもかかわらず、充放電を繰り返す仕組みや構造をなかなか作り出せず、技術的な壁となっている。

#### **2008年12月8日日経「住宅用 安全な蓄電池 電中研、省エネ推進、可燃材を排除、量産化を目指す」**

電力中央研究所は住宅用で使う電力貯蔵電池の実用研究に乗り出す。夜間電力や太陽光発電の電気をため、昼間に使って省エネに役立てる。電池材料として必須だった可燃性の液体材料を使わずに済む新型電池の開発に成功し、大型化しても安全性を保つメドがみついた。この電池を基本に量産品の試作ラインを1年後をメドに立ち上げる計画だ。

電力中央研究所は電気事業にかかわる総合研究機関。開発に成功した電池は「**全固体電池**」と呼ばれる。原理は従来のリチウムイオン電池と同じだが、「電解質」という部分を可燃性液体から熱に強い性質で知られるポリエーテル系高分子に替え、発火などに対する安全性を高めた。また、プラス電極の表面を特別な皮膜で覆うなど工夫し、電気を担うリチウムイオンが自由に移動しても高分子は分解しないようにした。ボタン型電池を作成して基本性能を確かめたところ、実用水準の電圧である平均3.7ボルトを達成した。高分子材料を使えば液漏れの心配もない。個別包装する必要がなく、高分子や電極材料を薄く重ねればシート電池ができる。シート電池も重ねれば小型の大容量の電池ができる。高分子材料を溶かして印刷インクのように電極に塗れば、流れ作業で電池を生産できる。量産タイプの試作ルームを同研究所が赤城試験センター内で稼働させ、1枚15センチ角のシート電池を試験生産する。複数のシート電池を束ねてポリタンク大に相当する30キログラムの電池を作製する考え。量産のメドがたてば、企業にライセンス供与して実用化したい考え。夜間の割安な電気で沸かしたお湯を活用するヒートポンプ式給湯器への組み込みを狙う。家庭向けでは、夜間電力の6キロワット時相当分で平均400リットルの湯として蓄えている。30キログラムの電池を組み込めば、湯をためる装置が半分以下になり、需要が広がるとみている。給湯器に組み込む使い方なら20万円の負担増にとどまると試算している。電池をさらに大きくすれば、太陽光や風力で発電する電気を家庭で大量に蓄電できる。

## 2008年10月20日日経「夢の電池 世界の先頭を走る 一充電500キロに道、出光、液体使わず大容量」

2050年に温暖化ガスの排出量を半減する。地球温暖化が突き付けた世界共通の目標は、各国に低炭素社会の実現を迫る。環境技術の革新を目指す日本は本当に国際社会をリードできるかどうか。日本の底力を検証する。

リチウムイオン電池より容量が飛躍的に大きく、安全性も高い究極の蓄電池。出光興産は基礎研究段階だが、この次世代蓄電池の試作に成功した。来春にも展示会で紹介するという。試作したのは、「**全固体電池**」。従来の蓄電池には「電解液」という液体が入っており、これが容量アップの妨げになっている。全固体電池は液体材料は使わないため、原理的に高容量化できる。出光は、電解液を硫化リチウムを主成分とする粉末にした。電気を担うリチウムイオンが液体並みに動き回る新材料だ。電気自動車の普及は、一回の充電でガソリン車並みの500キロを走れる安い電池が不可欠。国の試算では現在のリチウムイオン電池よりも容量性能で7倍、コストを40分の1に下げる必要があるが、全固体電池なら可能性がある。太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーの蓄電用途にも期待される。

米IBMは今春、銅やインジウムをインクのように塗るだけで太陽電池をつくる新手法を国際会議で発表した。シリコンを原料に作る従来の太陽電池のような高額な真空製造装置がいらず、生産コストが下がるという。そのIBMが実用化に向けて協力を求めたのが東京応化工業だ。わずか1.5マイクロメートルの厚さで薄膜を塗る独自の技術に、IBMが目撃した。国内有数の日照量を誇る山梨県北杜市に今春、世界20社以上から最先端の太陽電池設備が集められた。半分近くが日本メーカーのものになった。新エネルギー・産業技術総合開発機構がNTTファシリティーズや北杜市に委託、発電性能の比較などに取り組む。メーカーを同条件で競わせるのが狙いの一つ。三洋電機は独自構造の「HIT太陽電池」先行する。

## 2008年1月15日日経「家庭で充電」ハイブリッド車、トヨタ、2010年までに発売 二酸化炭素13%減

トヨタ自動車は小型・軽量で高出力が特徴のリチウムイオン電池を使う新世代のハイブリッド車を2010年までに発売する。一般家庭の電源から充電でき、電気走行を増やすことで走行時の二酸化炭素排出量を現行のプリウスに比べ、約13%減らせる。トヨタは新世代車をいち早く発売し、地球温暖化問題や原油高を背景に世界で需要が拡大するハイブリッド車でトップシェアを維持する。GMも同じ新世代車を2010年までに発売するとしており、日米大手による開発競争が激しくなりそうだ。現在のハイブリッド車はエンジン走行時のエネルギーを電気に変換、電池に蓄えて低速走行時に使っている。これに対して新世代車はガソリン走行時に蓄える電気に加え、一般電源からも充電できるようにして電気走行を優先、エンジン走行を減らしてガソリン消費量を抑制する。試験車では約3時間の充電で



13 キロの走行ができたという。

#### 2004年11月12日「次世代技術 本命を争う 小型電源 耐久性向上、車向けも視野」

小型電源は瞬間充電を売り物にする「キャパシタ」などが登場する一方、現在主流になりつつあるリチウムイオン電池の改良も進んでいる。蓄えられる電気の量を大幅に増やす技術や長寿命化などで成果が相次いでいる。「電気容量が3~5割大きい新しいリチウムイオン電池の開発に成功した。来春にもサンプル出荷を始める」。三洋電機・モバイルエナジーカンパニーの雨堤徹ビジネスユニットリーダー。「(キャパシタなど) 新型電池が登場してもリチウムイオン電池の優位性は揺るがない」と強気。三洋は、電池のマイナス極の黒鉛をより電気容量の大きなシリコンに代えた。シリコンを薄膜にすることで繰り返し充放電しても劣化しにくくなり、実用化のメドがついた。携帯電話やパソコン向け電源などを見込んでおり、携帯電話なら待ち受け時間が1.5倍延びる。電池は少なくとも二年程度使える見通しだ。**2010年には世界で500万台の市場に成長するとの予測もあるハイブリッド車。**現在はニッケル水素電池が使われているが、より電気容量の大きいリチウムイオン電池を長寿命化し、代替を目指す動きが目立ってきた。日立製作所は来春、自動車向けリチウムイオン電池の生産を開始、取引先への工場の公開にも乗り出す。リチウムイオン電池はニッケル水素電池に比べ容量が大きく小型化が可能だが、充放電を長く繰り返すと劣化し、耐久性の向上が課題とされてきた。日立は電極から電解質まですべての電池材料を見直し、高速で充放電できるように内部の電気抵抗も引き下げた。「自動車メーカーの求める十年という耐久性を実現できた」と日立製作所の中澤哲夫主任研究員は自信を見せる。次世代リチウムイオン電池の研究者である大阪市立大学大学院の小槻勉教授は「小型化と耐久性を両立できれば、リチウムイオン電池が主流になる可能性が高い」と話す。一方、未来の電源として注目される燃料電池も小型電源化が進んでいる。十月に開催された電子機器展示会「シーテックジャパン2004」。携帯電話向けの燃料電池では、日立や東芝、富士通研究所が試作品を出展し、燃料電池に対する意気込みを示した。ただ「電池が起動するまで十数分かかる」ため、実際の使用には従来の電池と組み合わせることが課題となりそうだ。充電池の世界市場は2010年には現在の二倍の一兆円に膨らむとの予測もある。携帯電話用の中国市場が増えるほか、ハイブリッド車も五千億円規模になるとされる。小型電源は電子・電気製品の性能を左右するだけに、開発戦略が益々重要性をおびてきている。

#### 2010年7月15日日経「リチウム権益 商社が争奪戦、三菱商事、豪州企業と長期契約、環境車向け需要に的、脱・南米依存、課題に、大手3社、シェア7割握る」

電気自動車(EV)の電池などに使われるレアメタルの一種、リチウムの争奪戦が加熱してきた。三菱商事は豪資源会社と鉱石の長期契約を結んだほか、伊藤忠商事や豊田通商なども権益確保に動いている。日本が先頭を走る環境車に不可欠な素材を安定確保する狙い。ただ主産地の南米の資源大手は、リチウムを値下げし新規開発の動きをけん制する。EV普

及を視野に入れた資源攻防戦が激しくなりそうだ。

三菱商事が長期引き取り契約を結んだのは、豪州の資源会社ギャラクシー・リソース（パース市）。同社は豪南西部に16年分の埋蔵量を持つリチウム鉱区を保有。鉱石を中国に輸送し、上海近郊の張家港で炭酸リチウムに製品化する。すでに年産能力1万7千トンの工場を建設中で、三菱商事は来春にも同工場から製品を引き取って日本に供給する。5年後に年間5千トンの販売を目指す。

新工場は精製工程を導入し、全量を99.9%以上の高純度製品にできるのが特徴。自動車を徹底するほか、副生物も近隣で販売するため、「コスト競争力もある」。三菱商事はジーエス・ユアサコーポレーションや三菱自動車と共同出資する電池会社を含め、幅広く売る考え。伊藤忠商事は米国で地下の熱水からリチウムを大量に採取する技術を持つ米資源開発会社に出資。3～4年後に年1万6千トンを生産する計画。三井物産も2012年の生産開始を目指すカナダの資源会社と日本、韓国、中国での独占販売権を結んだ。大手商社が一斉にリチウムの資源確保に動き出しているのはEV向けの需要に対応するためだ。経済産業省の試算ではリチウムの世界需要は10年の約9万2千トンから20年には三倍強の約31万トンに増える見通し。自動車向けの比率は10年で5%弱に過ぎないが、20年時点では6割に跳ね上がる。伸びるリチウム需要の大半は自動車電池向けが占める。「ハイブリッドの次はEVが出てくる。リチウムの調達力も重要になる」。トヨタ自動車幹部はこう語る。トヨタグループの豊田通商は豪企業と合弁会社を設立、アルゼンチンで12年にリチウムの採掘を始める計画だ。全量を豊田通商が引き取り、主にトヨタ向けに供給する。環境車に欠かせない重要素材をグループで押さえる狙いだ。

リチウムイオン電池は「プリウス」など、エンジンとモーターを使って走るハイブリッド車にも電源として搭載される。だが、EVの登場はリチウムの需要を飛躍的に拡大する可能性がある。ガソリンを使わず電気だけで走るEVに搭載するリチウムイオン電池の容量は、ハイブリッド車の20から40倍に増えるためだ。日産自動車と仏ルノーが12年に世界で計画するEVの生産能力は年50万台。業界関係者によれば、日産・ルノーの50万台分だけで、現在の世界のリチウムイオン電池使用量に匹敵する需要が生まれるという。足元ではそれほど逼迫感のないリチウムに対し、商社が権益確保に走るのはそのためだ。世界最大の埋蔵量を誇るボリビアの塩湖の開発を巡っては、住友商事と三菱商事の日本連合だけでなく、フランスや中国、韓国など海外勢が権益確保へ向けて激しいつばぜり合いを繰り返す。

リチウムの埋蔵量は、8割が南米に集中し、日本は輸入量の8割から9割をチリ産に頼っている。大手3社が世界シェアの7割を握る寡占状態で、価格支配力は強い。EVの普及で需要が急伸した場合にも、低価格でリチウムを安定調達するには「脱・南米依存を進めておくことが必要」との声が多い。生産最大手のチリ・SQMは昨秋、流通量の多い炭酸リチウムの出荷価格を2割下げると表明した。独ケメタルと米FMCの大手2社も追随したもようだ。日本の輸入価格は下落傾向を続けており、5月時点では1キロ492年と今年の

高値より36%安い。SQRは値下げの理由を「新規需要を開発するため」としているが、日本などの需要家側は「新規の開発プロジェクト断念または減速させ、需要が拡大した段階で大きな利益を得るのが目的」との分析が支配的だ。SQRなどが操業するチリやアルゼンチンの塩湖はリチウム濃度が高など有利な条件がそろっており、生産コストは1キロ2ドル前後にとどまるとみられる。日本の商社を含む後発組みは大手3社との価格競争にどう対応するかが課題になる。

### 2010年6月15日読売「アフガン、91兆円鉱床」

ニューヨークタイムズは13日、複数の米政府高官の話として、米国がアフガンで約1兆ドル相当の鉱物資源の鉱床を発見したと伝えた。鉄や銅のほか、リチウムも含まれており、戦争で疲弊するアフガンが世界有数の鉱物生産大国となる可能性があるという。同紙によると、アフガン国内にかなりの規模の鉱物資源が眠っている可能性は以前から指摘されていたが、2006年以降、米国防総省や地質学専門家による調査が本格化し、資源がアフガン全土に点在していることが分かった。同紙は、鉱物資源が「アフガン経済の支柱になる」と期待する同国政府高官の談話を紹介する一方、旧支配勢力タリバンが資源獲得を狙って先頭を激化させる可能性にも言及している。

### 2010年1月17日日経「リチウム資源、なぜ南米に？ 塩湖で濃縮、好条件そろう」

蓄電池の電極などに使われる希少金属、リチウムが注目されている。電気自動車の普及とともに需要の急増が予想されるからだ。リチウム資源はチリやボリビアなど南米に集中し、日本企業も確保に動く。なぜ、この地域に偏っているのか。銀白色で軟らかいリチウムは金属資源としては変り種だ。鉄や銅など多くの金属は鉱石から採るが、リチウムは塩湖のかん水（塩分を多く含んだ水）を天日で干して集める。世界全体の推定資源量は2900万トンのうち、7割がかん水、残り3割が鉱石に含まれている。資源の半分以上が集まるのが、南米アンデス山系に属しアルゼンチン、ボリビア、チリにまたがりスペイン語で高原を意味する「アルティプラノ」と呼ばれる地域。標高3800メートルの広大な盆地に100以上の塩湖があり、チリのアタカマ塩湖がよく知られている。商業ベースで採れるかどうかを度外視すれば、リチウムは地球上に薄く広く分布する。海水に0.2ppm

程度の濃度で溶け、その合計は2300億トンと推定される。アンデス山系に眠る資源も、もともとは海水に溶けたリチウムだったとの説が有力だ。数千万年前、地球を覆う岩盤であるプレートの衝突によりアンデス山脈が隆起するまで、この地域は海だった。造山運動でアルディプラノは海水をたたえたまま持ち上げられ、その名残りが塩湖とみられる。

「リチウムが集まったのは、ほかにも好条件がそろったため」と石油天然ガス・金属鉱物資源機構の阿部特命監査役は話す。周囲の火山帯の岩石にはリチウムなど塩化物が多く含まれ、雨水に溶けて湖に流れ込む。塩湖から流れ出す川はないので、水分が蒸発して塩化物が濃縮された。この地域には西から風が吹き、アンデス山脈を越えるフィーン現象が起

きて、高温の乾いた風になる。これが塩湖の水の蒸発を促し、リチウムの濃いかん水ができるのに一役買ったという。中国内陸部の青海省やチベット自治区にもリチウムが多い塩湖が確認されている。この地域もかつては海で、ヒマラヤの造山運動がリチウム集積の要因になったらしい。今後、リチウムが枯渇する恐れはないのか。「資源量は世界の需要の千年分以上あり、今のところ不足の心配はない」と見る専門家が多い。ただ供給国に限られるだけに、安定確保に向けた資源外交の重要性は増しそうだ。

## 2009年11月8日よみうり 「リチウム大国ボリビア、現場を歩く、塩湖に群がる主要国」

南米の最貧国ボリビアで、日本を含む主要国が、次世代環境技術のカギを握る天然資源・リチウムの争奪戦を繰り広げている。電気自動車などに使われる充電池の原料がアンデス山脈の秘境「ウユニ塩湖」に未開のまま眠っているのだ。その量は世界の埋蔵量の半分ともいわれている。地平線の向こうまで、真っ白な塩の台地が広がる。草木は生えず、動物もいない。中心都市ラパスから悪路を車で約12時間。富士山山頂とほぼ同じ標高に、東京の6倍近い約1万2000平方キロメートルの静寂な世界が広がっている。10月29日、湖畔。リチウム開発を急ぐ政府が精製実験成功の祝賀会を開いた。労働者ら約2000人が見守る中、モラレス大統領は容器に入ったリチウムを片手に「これで資金を集め、工業化を進めよう」と拳を振り上げ、「日本の大使も駆けつけてくれた」と、唯一の外国人賓客である田中和夫大使を紹介した。大使は、大統領の直接の誘いを受けてともに会場入りした異例の厚遇を「日本からの資金・技術援助の期待の表れだろう」と分析する。だが、中韓欧などのライバルも虎視眈々とリチウム資源を狙っている。

ウユニ塩湖が祝賀ムードに包まれている頃、ボリビアの中心都市ラパスでは、各国の代表が提案合戦を繰り広げていた。10月29日、30日に中央銀行など2会場で開かれた「リチウム産業化に向けた国際科学技術フォーラム」。世界15カ国から1000人以上が集まり、会場は熱気に包まれた。フォーラムに名を借りてはいるが、実質的には各国のPRの場だ。「次世代電池の材料はリチウムしかない」。日本を代表してトヨタ自動車の技術者が明言すると、会場は大いに沸いた。日本はトヨタに加えて、計算産業省、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）、東京大学などから参加国最多の計5人の合同チームを派遣した。石炭と鉄鋼への集中投資をテコに高度成長した戦後日本の経験に触れ、「リチウムを軸にした産業振興の手助けをできる」とボリビア政府との共同開発を訴えた。中国も5人の代表を送り込み、青海省の塩湖でリチウム生産を手かげる実績をアピールした。モラレス大統領の出身村に学校を建てるなど、硬軟の戦術を織り交ぜる「侮れないライバル」だ。フォーラムに参加した韓国やフランスも共同開発を争っている。サルコジ大統領はモラレス大統領の訪仏時、電気自動車の試乗までさせている。水面下では、さらに多くの国が秋波を送る。「今では隣国ブラジルも含め世界中の国が交渉を持ちかけている」とボリビア鉱山公社のギュルモ・ロエランツ技術顧問は打ち明ける。

各国が競ってボリビア政府にすり寄るのは、モラレス大統領が2013年にリチウムの

商業生産を開始し、2018年には自動車用リチウムの生産工場を国内に建設する構想をぶち上げているためだ。大統領は「資金・工業化の両面で海外のパートナーを探さなければならない」と各国をあおっている。ただ、労働組合出身の大統領は、同時にリチウムの国家所有を掲げている。各国が欲しい利権（採掘権）は渡さず、資金と技術だけを引き出す戦略だ。今年1月に採択した憲法改正では、リチウムを含む天然資源の国家所有を決めた。ボリビアには、16世紀以降のスペイン植民地時代、世界最大のポトシ銀山を擁しながら、貧困にあえぎ続けた苦い歴史がある。リチウムを「ボリビア固有の宝」と呼ぶ大統領は、資源の国家管理こそ繁栄のカギと信じている。

投資を検討する側からは、「利権が得られず、工場の共同運営程度では利益が薄い。思い切った投資に踏み切りにくい」（日本の商社首脳）との声も漏れる。各国とも同じ悩みを抱え、ライバル国とボリビア政府の出方を両にらみしながらの神経戦が続く。ボリビアの一人当たりの国民総所得は1260ドル（2007年）で、日本の約30分の一、南米でも最低水準だ。ウユニ塩湖周辺は中でも最も貧しいが、一方で最近、秘境の観光地としての知名度が上がっている。日本も含め、世界中から環境客も増えている。ウユニ塩湖で観光ガイドを務めるファニータ・ソブリーニョサンは「地元ではリチウムで潤う期待と、開発でこの貴重な自然が変わらないか不安な声で揺れている」という。開発を巡る思惑は国内外で乱反射している。

リチウムは、エネルギーを多く蓄えて何度でも繰り返し充電できる「リチウムイオン電池」の素材として、今後需要が爆発的に増えると思込まれている。一方で資源が極端に偏在していることが、ウユニエンドを「世界の資源争奪の最激戦地」にしている。2008年のデータでは、世界のリチウム需要はその約36%が特殊ガラスやセラミックの上薬で、リチウムイオン電池用は20%程度だった。ただ、2004年から2008年の5年間で、パソコンや携帯電話向けの電池用需要は毎年2割ずつ伸び、日本の輸入価格（炭酸リチウム）は2004年は1キログラム当たり252円だったが、2007年には746円と3倍に上昇している。

電気自動車やプラグイン・ハイブリッド車の時代が到来すれば、桁違いの需要が生じる。製品1台当たりのリチウム使用量は、携帯電話が0.3グラム、ノートパソコンは5.5グラム、プラグイン・ハイブリッド車は最大約3.1キログラム、電気自動車に至っては約5.7キログラムと圧倒的に多い。

調査会社・富士経済は、自動車用リチウムイオン電池の世界市場は、2009年見込みの250億円から5年後の2014年には2兆2500億円と、90倍にも膨らむと予想する。将来のリチウム不足を予想する専門家もいる。海水に微量に含まれているリチウムは、塩湖に蓄積しやすく、生産はチリやアルゼンチンなど南米勢で約半数を占めている。一方で、日韓中などのアジア勢が世界需要の53%を消費する。世界の埋蔵量の約半分にあたる540万トン達するウユニ塩湖湖畔のリチウムをどう取り込むかが、国の競争力を左右する可能性を秘める。

## 5. レアメタルの確保は？

**日経 2016.10.6** アジア「都市鉱山」囲い込み、廃棄スマホの希少金属確保、政府、輸入審査を短縮

**日経 2016.6.2** 伊豆諸島沖 海底から金、東大確認、「熱水鉱床に高濃度で」

**2015.11.3 日経** レアアースに国際規格、中国主導、日米なども参加

レアアース（希土類）の国際標準規格作りが始まった。中国の主導で日本を含む 6 か国が専門委員会を構成し、2016 年末をメドに国際標準規格（ISO）の新規格をまとめる。日本は自動車用磁石などの企画に自国 k の使用が反映されるよう求める。

**2015.11.7 日経** レアアース、国際規格策定で呉越同舟、中国影響力回復へ主導、日米豪ど独走阻止へにらみ

中国の提案で専門委員会が設けられ規格を検討中。相場の下落で生産会社の採算が悪化した。最大生産国の中国は規格作りを主導し、影響力を回復したい考え。一方日本や米国などは専門委員にあえて参加し、中国の独走を抑えようとしている。中国は日米欧の世界貿易機関（WTO）への提訴を受け、5 月にレアアース輸出税を撤廃した。国際価格も急落し、車のモーターに使うネオジウムは現在、1 キロ 55 ドル前後と半年で 3 割安くなった。

**2015.10.10 日経** レアメタル、医療を磨く、用途拡大、アレルギー少なく、患者の負担も軽減

他の金属に比べアレルギーなどの拒否反応を引きおこしにくく、素材に添加することで治療手順の省略や患者の負担軽減につながる。レアメタルを使った医療向け形状記憶合金の生産量はこの 10 年で 2 倍に増えている。

**2015.3.6 読売** 深海 1 万 2000m 視界良好、イメージ図公開

海洋研究開発機構は、10 年以内の開発を目指す次世代有人潜水船「しんかい 12000」のイメージ図を公開した。

**2015.2.22 読売** 「日本近海に鉱床次々、新型調査船で精度向上、2020 年代に商業採掘、政府目標」

日本近海で、銅などの鉱物資源が豊富な海底鉱床が相次いで見つかっている。政府は 2020 年代の商業化を目指す。

**2015.2.6 日経** 乗船せず海洋資源探査、研究者、衛星を使い遠隔操作

無人探査機を陸上から遠隔操作する技術の開発に乗り出す。研究者が調査船に乗り込む負担や経費を減らすとともに、陸上の研究拠点で幅広い分野の研究者が調査データを共有して分析作業を効率的にできるようにする。2018 年度の実用化をめざす。

**2014.12.5 日経** 国内最大級の熱水鉱床、沖縄本島北西沖で発見

JOGMEC は、4 日、上記海域で海底熱水鉱床を発見。銅、鉛、金、銀などが含まれる鉱

石。

#### **2014.11.25 日経 南鳥島沖のレアアース、深海底近く高濃度に、東大など発見、想定より浅く、商業化へ技術開発**

高濃度のレアアースを含む泥が海底から 2~4m のところに広く分布していることを突き止めた。東大や三井海洋開発は水深 5600~5800m から泥を引き上げて製錬する技術を開発し、商業化の可能性を探る。濃度は 5000PPM を超し、中国鉱山の 30 倍以上。とくに、中国に偏在する「重レアアース」が多かった。

#### **2014.9.20 日経 東芝、レアアース効率回収、廃モーターから、ほぼ全量再利用、海外調達リスク抑制**

産業用モーターからレアアースをほぼ全量取り出す技術を開発した。2015 年度にも自社のエレベーターで使っているモーターから回収を始める。モーターから取り出した磁石をナトリウムなどのを溶かした特殊な液体に浸し、電気分解してネオジムなどのレアアースを効率よく取り出す。例えば、230kg のモーターで、レアアースを約 2 kg 取り出せる。

#### **2014.9.3 日経 「都市鉱山」縮小、再生量が 11%減、昨年度、電子機器の小型化で、海外開拓の動き目立つ**

リサイクルの量が減っている。2013 年度に再生された鉄、銅、金など素材 11 種と部品は 12 年度に比べて 11%減少した。電子機器の軽量・小型化でリサイクルに回る量が減った。従来型携帯からスマホへの買い替えが一巡した影響もある。素材企業は海外で再生資源回収に乗り出している。

#### **2013.4.1 日経 小型家電リサイクル法始動、都市鉱山、道険しく、回収に手間、委託先鍵、携帯の再資源化 37%、個人情報漏れに懸念**

上記のリサイクル法が 4 月 1 日に施行。捨てられる携帯電話やデジタルカメラなどを市町村が主体となって回収し、金属や内部の基板などに含まれる貴金属やレアメタルの再資源化を目指す。

#### **2013.3.21 日経 「レアアース濃度、南鳥島沖、中国の 20 倍超、近海の資源、高まる期待、採掘技術など課題」**

日本近海に予想以上に豊富な資源が眠っていることが明らかになってきた。海底の泥に含まれるレアアースは最高で中国鉱山の 20 倍超の濃度だと分かった。

#### **2012.12.12 日経 「レアメタルが一段安、ガリウム 6 年ぶり安値」**

コバルトは 11 月上旬と比べて 12%下落。ガリウムも 11 月中旬に比べ、9%下落。インジウムも 10 月下旬と比べ 9%下落。

### **2012.11.14 日経「レアメタル市場、国家備蓄の観測で波紋、中国市況でこ入れの見方、日韓売買実態など非公表」**

中国などアジア各国の国家備蓄を巡る観測が電子機器に使うレアメタル市場に波紋を広げている。生産国の中国は今夏に政府が一部品種を大量に調達した模様で、市況対策の備蓄との見方が出ている。日本や韓国も国家備蓄を強化するとの情報もあるが、政府は公式には発表していない。市場は各国政府の動きに神経をとがらせている。

### **2012.10.25 日経「レアアース生産停止、中国、政治利用が誤算、管理強化、市場原理ゆがめる」**

中国はレアアースを日本に対する外交カードとして位置づけ輸出管理を強めてきたが、需要急減で国内のレアアース企業が苦境に陥る誤算が続く。中国政府の締め付けに対して、日本企業が代替品の開発、他地域での調達拡大に動いた。その結果、11年夏をピークに価格が下落、国内生産能力を2割削減しても、需要減は止まらず、1～6月期のレアアース輸出量は前年同期比で約4割減った。価格下落にも歯止めがかからない。

### **2012.10.10 日経「レアアース脱中国鮮明、使用ゼロ磁石開発、トヨタや三菱電機、レアメタル官民で採掘」**

トヨタや三菱電機はハイブリッドや省エネ家電のモーター用にレアアースを使わない新磁石の開発に乗り出す。2021年の実用化を目指す。10月中旬に「高効率モーター用磁石材料技術研究組合」を立ち上げる（トヨタ、三菱電機、ダイキン工業、デンソー、愛知製鋼、NEC トーキンなど11社）。経産省は開発費の補助や税優遇で支援。理論上は既に確認済み。

### **2012.8.20 日経「レアアース世界中から、日本、中国依存5割切る、今年上期、官民一体の戦略、重要に」**

1～6月の中国からのレアアース輸入量は3007トン。輸入に占める中国産の比率は49.3%で、半期で50%を割り込んだ。09年までは中国産の比率が90%前後を占めていた。

来年からは日本企業が権益を持つ海外のレアアース鉱山などからの輸入が本格的になる。権益を持つのは、オーストラリア、カザフスタン、インド、ベトナムの4か国。フル操業時の対日輸出量は年間で1万6500トンを上回る。この大半はセリウムやネオジムなど軽希土類。年間2万数千トンの国内需要の6割～8割を安定調達できる。国内でのリサイクル分を合わせた「安定調達率5割」の政府目標を数年内に達成できる。残る課題は「希少性が高い重希土類の権益確保」。ジスプロシウムは、依然として調達量の9割超を中国に頼っている。豊田通商は豪鉱山で重希土類の採掘を開始、15年から供給する計画。EEZ内の海底での泥には重希土類が多い。



**2012.7.10 日経「レアメタル再利用の工場、住友電工、超硬工具原料を確保、国内で買い取り、調達先、中国依存を軽減」**

**2012.6.29 読売、日経「南鳥島沖 レアアース鉱床、東大チーム発見、国内消費の 220 年分」**

加藤東大教授の研究チームが日本の排他的経済水域（EEZ）で初の発見。資源量は少なくとも日本の年間消費量（3万トン）の220倍以上。濃度は平均1070ppmで、陸上でふつう採取している鉱床を超えている。「重希土類」を豊富に含んでおり、ハイブリッドにつかうジスプロシウムは、日本の消費量の400年以上ある。

**2012.6.16 日経「家電・携帯内のレアメタル、「都市鉱山」活用進まず、低い回収率、採算性も課題」**

廃家電の海外流出、携帯電話の回収率が低い。採算の合うリサイクル技術も発展途上。最近のレアメタル相場下落で再利用の機運も後退。使用済みの家電製品は回収されず、一般廃棄物として処分されたり、国外へ流出したりする例が多い。携帯は個人情報流出などを恐れ、なかなか利用者が手放さず。特に、小型家電は家電リサイクル法の対象外。携帯は2010年度の廃棄数2068万台で回収できたのは762万台で37%。回収する際の採算性の問題、携帯は1台100～150円程度（含まれる金属の価格）で金や銀が大半。レアメタルは10円未満。高価な金などは費用をかけて回収・分離できるが、レアメタルは難しい。採算の取れる分離回収技術を開発する必要がある。

**2012.6.14 日経「脱レアアース進む、1～4月輸入量、中国産7割減、価格も下落傾向」**

ネオジムやジスプロシウムは現在、最高根を付けた昨年7月に比べ約7割安い。「脱レアアース」技術の普及は加速する見通しで、価格の高騰が回避できる可能性が出てきた。

**2012.6.13 日経「リチウムイオン電池の正極、レアメタル使わず、東北大学、電気自動車に活用」**

東北大学の本間教授は12日、正極にレアメタルを使わないリチウムイオン電池を開発。現行の2倍の容量がある。正極の原材料費が5分の1以下の有機材料で代用。

**2012.6.1 日経「脱レアアース加速、磁石など代替、使用量縮小、取引価格も伸び悩む」**

ハイブリッドや省エネ家電に使うレアアースの需要が鈍化している。日本の昨年の中国からのレアアース輸入量は前年比3割減った。2010年秋の尖閣諸島沖での衝突事件後、11年にかけて価格の高騰が強まったのをきっかけに日本企業が使用量を削減した効果が出た。「需要家の使用量削減や生産拠点の海外移転などで取引量が縮小している」。貿易統計によると、11年の中国からのレアアース輸入量は1万5378トン。前年比34%減った。とりわ

けガラスや電子部品の研磨剤に使うセリウムの落ち込みが大きく、同 46%減。

#### **2012.6.1 日経「レアメタル確保へ融資、三菱 UFJ、チリ銅公社に 250 億円、JFE などへ長期供給」**

三菱東京 UFJ 銀行はチリ銅公社に対し、日本企業へのレアメタル供給を条件に融資する。総額 3.2 億ドルの融資に先立ち、JFE スチールや新日本製鉄など 9 社がステンレス鋼などの製造に必要なレアメタル、モリブデンを銅公社から長期間輸入する契約を結ぶ。融資をテコに新興国との獲得競争が強まるレアメタルを安定的に確保しやすくする。

#### **2012.5.6 日経「深海レアメタル探査、重力検知、まず駿河湾で実験、東大など」**

東大と産総研などは、重力のわずかな変化をとらえ、深海底にあるレアメタルや貴金属などの鉱脈を探す技術を開発した。無人の潜水艇に重力測定装置を取り付けて探査する実験を 9 月に実施する。探査の孤立を高めてコストを減らし、近海に眠る海底資源の活用の道筋をつけたい。22 日に日本地球惑星科学連合大会で発表。

#### **2012.4.16 読売「小型家電から金、銀、銅、レアメタルも高純度で再生産」**

都市鉱山リサイクルに注目が集まっている。日本の金属精錬技術は世界トップクラス。高純度の金属を再生でき、環境省でも全国規模での小型家電回収制度の導入を目指している。携帯電話 330 台で金の指輪 (10g) が作れる。DOWA グループの子会社「小坂製錬」で新型炉で 1400℃で融解させて貴金属などを分離、さらに硝酸液などで溶かして電気分解を繰り返し、グループ全体で 22 種類の元素を回収できるようになった。

#### **2012.4.7 読売「海底レアメタル効率採取、穴掘り、噴出する熱水に鉱物」**

海洋研究開発機構は、沖縄近海で水深約 1000 ㍎に海底に人工的に穴を掘って熱水を噴出させ、工業原料として重要なレアメタルや貴金属を効率的に回収する実地実験に成功した。日本周辺の海底鉱床の開発に役立つ成果として期待されている。高井上席研究員は 2010 年秋、地球深部探査船「ちきゅう」を使って、有望な鉱床が見込まれる海底の 4 か所をドリルで掘削。噴出した熱水に含まれる鉱物が、海水で冷やされてできる煙突状の構造物 (チムニー) の成長の速さや含有成分などを調べた。約 10 か月でチムニーは最大で高さ 11 メートルまで成長し、太陽電池の材料に利用されるテルルやビスマスのほか、金、銀などを豊富に含んでいた。高井さんは「熱水噴出孔」を人工的に掘り、船上からチムニーを回収する今回の技術を組み合わせれば、これまで開発が困難だった鉱床も資源化できるはずだ」と話している。

#### **2012.3.25 日経「レアアース、中国を WTO 提訴、資源の囲い込みけん制、規制の解除には時間、レアアース使わぬモーター、代替技術の開発急ぐ」**

日本は米国、欧州連合とともに、ハイテク製品に使うレアアースの輸出規制を続ける中国を 13 日に世界貿易機関（WTO）に提訴した。

中国に限らず近年、新興国は資源囲い込みの姿勢を強め、ロシアやインドがニッケルや鉄鉱石の輸出税を引き上げるなど資源の輸出規制が頻発している。今回の提訴は対中国にとどまらず、世界経済に占める重要性の高まった新興国に対して先進国側が貿易ルールの順守を迫る意味合いもある。

中国のレアアース輸出規制を受け、日本は官民挙げてレアアース使用の代替・削減技術やリサイクルなどの研究開発を進めている。

#### **2012.1.31 日経「携帯電話やデジカメ、レアメタル回収制度、環境省、14 年 4 月全面施行めざす」**

中央環境審議会廃棄物レアメタル部会小委員会は 30 日、携帯電話衣などに含まれるレアメタルなどのリサイクル制度の答申案をまとめた。国が認定した事業者が都道府県を越えて広域的に回収できるよう廃棄物処理法の特例を設ける。消費者から費用の追加徴収はしない。96 品目を対象候補にあげた。小委員会は 31 日、細野環境相に答申する。環境省は 3 月をめどに関連法案を通常国会に提出する方針。2014 年 4 月の全面施行を目指す。新制度では使用済み小型電子機器を市町村が直接回収、認定事業者が引き取りリサイクル事業を展開する。具体的な対象品目や事業者の認定基準などは今後検討し、政省令で定める。制度は 5 年後に見直す。小委員会は携帯電話機やデジタルカメラなど 16 品目を特に資源性の高い「特定対象品目」に推奨した。

#### **2011.12.28 日経「ハイブリッド車用のレアアース、中国が輸出量限定」**

中国商務省は 2012 年のレアアースの輸出方針を発表した。全体の輸出枠は 11 年並みの約 3 万トンを維持するが、ハイブリッド車用の高性能磁石に不可欠なジスロシウムなどは 4000 トンに限定、重点的に管理する仕組みを初めて導入した。

#### **2011.11.29 日経「環境車向け磁石、レアアース半減、大同特殊鋼や三菱商事、岐阜で量産、中国依存を軽減」**

#### **2011.10.30 読売「奄美沖にレアメタル、金属資源の宝庫、海底熱水鉱床、存在か熊本大学院准教授発見」**

奄美大島沖の東シナ海の海底で、レアメタルの一種アンチモン、金、銀などを含む鉱石を見つけた。海底熱水鉱床が存在する可能性がある、と指摘。

#### **2011.8.19 日経「脱レアアース開発加速、車向けなどハイテク素材、パナソニック、日立など」**

パナソニック、三菱化学、産業技術総合研究所などが高性能蛍光灯でテルビウム、ユーロビウムを 2 割削減。日立製作所、英ノッティンガム大学などがジスプロシウム含有磁石の代替材料を開発。トヨタ自動車、TDK、物質・材料研究機構などはハイブリッド車モーターでジスプロシウムを 4 割低減に成功。アルバック、三井金属鉱業、東北大学などは、表示装置向け透明電極でインジウムを半減目標。アルプス電気、三菱瓦斯化学、高知工科大学などは、ガラス研磨剤のインジウム代替材料。日産自動車、名古屋大学等は自動車排ガス浄化装置で白金の代替材料開発を目指す。

#### **2011.7.17 日経「レアアース、独自調達に道、太平洋に巨大鉱床、採掘技術の開発は難題」**

東京大学などの研究グループは太平洋の海底にレアアースの巨大鉱床を発見した。埋蔵量は陸上の 1000 倍が期待できる。

#### **2011.5.31 日経「レアメタル開発拡大、価格急騰、中国依存下げ、双日、ポルトガルで増産、住商、チリ鉱山 14 年から」**

#### **2011.2.25 日経「レアアース 脱中国へ 1100 億円投資 110 社 160 事業 中国産消費三分の二」**

日本の官民が、レアアースの過度な中国依存からの脱却に総額 1100 億円を投じる。日立金属や三井金属は、使用量を減らしたり中国産以外を活用したりする取り組みに着手。トヨタ自動車やホンダなどは、米国産などを使った部品を製品に採用するための試験設備を導入する。動き出すのは 110 社による 160 事業。政府はこれらのための設備投資を資金面で支援する。中国がレアアースの輸出を絞る中で、中国依存の調達構造を転換する狙いだ。

一連の投資で年約 3 万トンある中国産の消費量を中長期的に 1 万トンほど減らす。取り組みはレアアースの使用量そのものの削減やリサイクル、供給源の多様化、新しい部品の実証実験などに分かれる。

コニカミノルタホールディング子会社はガラス研磨剤の酸化セリウムを効率よく使う新設備を導入。日立金属はネオジム磁石の製造工程で出るくずをリサイクルする計画。三菱商事、大同特殊鋼は専門ベンチャーのインターメタリックスと連携。電気自動車などのモーターに使うネオジム磁石の生産で、ジスプロシウムの使用量を 4 割減らす新しい事業を立ち上げる。米国やオーストラリアなどから輸入するレアアースも活用する。中国からはある程度加工した合金で輸入するのが一般的だが、米国などには加工設備が整っていない。三井金属や日本重化学工業は、原石の状態で作られたレアアースを国内で合金に加工する。併せて国内外から回収したニッケル水素電池からレアアースを抽出する設備も新たに導入する方針。レアアースの使用量を減らしたり、非中国産を使ったりすると成分が異なるため、モーターや触媒などの性能が変わる可能性がある。トヨタやホンダなど自動車大手を中心とした川下企業は、新部品が次世代自動車に使えるかどうかを試験するための設

備を導入する。

中国はレアアースの対日輸出を昨年後半に規制したほか、輸出枠も削減。中国からの輸入量が全体の 9 割を占める日本にとって、過度の中国依存はリスクが高い。日本の官民は米豪のほか、ベトナムなどへ調達先の多様化を進めている。また、中国政府はレアアースの安定供給をテコに、日本の部材メーカーの誘致を進めてきた。レアアースを使ったハイテク製品の部品は、日本企業の国際競争力が圧倒的に高いからだ。今回の政府補助は、こうした競争力が高い企業の製造拠点を日本にとどめ、技術流出を防ぐ狙いもある。

レアアースの取引価格が一段と高騰している。ハイブリッド車に使うレアアース磁石原料のネオジムなどが前年末比 30~60%上昇した。主力生産国の中国が 2011 年前半の輸出許可枠を前年同期に比べ 35%削減した影響が表れた。採掘規制強化や生産者の売り惜しみあり、価格が当面強含みが続く公算が大きい。

### **2011.1.23 日経「海底資源 採掘へ着々 日本近海に豊富、探査で明らかに、熱水鉱床など、金やレアメタル期待」**

「まさか「黒鉱（くろこう）」が出てくるとは」。海洋研究開発機構の高井研プログラムディレクターは地球深部探査船「ちきゅう」のデータを見て驚いた。水深 1 千メートル~2 千メートルの海底を数十~150m 掘り、沖縄諸島北西部の海底熱水鉱床で文字通り黒い鉱石を見つけた。黒鉱はマグマによって摂氏 300~350 度に加熱された熱水が噴出し、一気に冷やされる際に含有成分が固まってできる。鉄や銅、亜鉛のほか金やレアメタルを含む場合もあり、資源価値は高い。一方、日本最東端の南鳥島の周辺からミクロネシアにかけての、海中に沈む山の斜面には「コバルトリッチクラスト」が堆積している。コバルトやマンガン、ニッケルなどのレアメタルを豊富に含む。コバルトは高強度合金やエンジン、磁石などの材料に不可欠で幅広い産業用途がある。日本近海のコバルトリッチクラストの回収可能な資源量は 11 億トン、金額換算で 100 兆円を超えると推定される。政府は資源権益の拡大を狙って、排他的経済水域（EEZ）に大陸棚の海域を加えるよう 2008 年に国連に申請した。対象は国土の 2 倍の 74 万km<sup>2</sup>。大陸棚にはコバルトリッチクラストなどの存在が期待される。利害調整が難しくなる場面も予想される。

### **2010.9.19 日経「中国の輸出規制で急騰、希土類、製造業に影、車・家電向け供給不足、価格 4 倍も」**

中国政府は 1990 年代まで、外貨獲得のため希土類の輸出を奨励していたが、2005 年に増徴税（付加価値税）の還付を撤廃。その後は輸出税をかけるなど、一転して輸出規制を強めている。しかし、今年に入ってから規制強化は「これまでの流れから予想できなかった」ほど急な動き。7 月には、希土類生産者などに与える輸出許可枠を前年比で 4 割減、約 3 万トンにすると決定した。日本の輸入価格は 4~5 倍に跳ね上がった。

**2010.6.26 日経「レアアースが一段高、3 か月で 1~2 割、中国が採掘規制強化、国際需給が引き締まる」**

レアアースの価格が一段と上昇。世界生産量の 9 割以上を占める中国が採掘規制を強化し、供給が大幅に減るとの見方が強まっている。

**2010.3.6 日経「環境車の電池リサイクル、三井金属・日産など事業化、市場拡大に弾み」**

ハイブリッド車や電気自動車の普及をにらみ、基幹部品である電池のリサイクルが動き出す。三井金属は使用済み電池からレアメタルを取り出す専用設備を新設し、2014 年にも稼働させる。日鉱金属や日産自動車もリサイクルの事業化を目指している。国内に回収網を作ることで再利用までの一貫体制を築き、材料の安定確保に道を開く。

**2010.1.25 日経「レアメタル価格急伸、昨秋比 2~4 割高、自動車・家電向け、日中で需要増」**

電子機器やエコカーの生産に欠かせないレアメタルの国際価格が相次いで急伸している。インジウム、モリブデンといった主要品は上昇が目立つまでの昨秋に比べ 2~4 割高。好調を維持する中国の家電消費に加え、日本で自動車や家電の生産回復を受けて需要が上向いたのが主因。

**2009.12.12 日経「日立、希土類リサイクル、安定調達めざす」**

2013 年の実用化を目指す。

**2009.10.26 日経「廃棄パネルから 95%回収、シャープ、大阪府立大学、電子機器に再利用も」**

破棄した液晶パネルからインジウムを回収する新技術を開発した。

**2009.9.8 読売「レアメタル戦略、加速、アフリカで開発支援（経産省）、カザフ、インドで展開（商社）」**

人工衛星からの紫外線を活用し、日本人専門家が現地の研究者を教育して地下資源の情報を収集、分析する。2008 年 7 月には JOGMEC はボツナワで事業に乗り出している。ザンビア、モザンビーク、ナミビアとも覚え書きを交わす予定。

**2009.8.29 日経「希少金属 値上がり、7 月以降、中国需要で 1~4 割」**

レアメタルの国際価格が軒並み反発している。7 月から上昇が目立ち始め、6 月末時点に比べて上げ幅は約 1~4 割に達した。景気刺激策などを受けた中国の需要増が上昇をけん引。レアメタル消費量が世界上位の日本で在庫調整が進んだ影響もある。レアメタル価格の再上昇は家電や自動車メーカーの収益を圧迫する要因になりそうだ。レアメタルは、需要拡

大や中国など資源国の輸出管理で昨夏まで高騰していたが、経済危機後に急落した。安定確保のため在庫を積んでいた需要家が多かったこともあり、銅などの非鉄金属に比べ上昇が遅れていたが、ここにきて反発基調に転じた。中国が農村部で家電購入を促す補助金の支給を実施したことで、台湾や韓国を中心に液晶パネル生産が回復している。

### **2009.8.12 日経「大手商社が資源開発、希少金属、エコカー用確保、住商や豊田通商、カザフなどで、脱・中国依存狙う」**

住友商事はカザフスタン、豊田通商は今後5年間で鉱山開発に400億円を投じる。インドネシアでスズ鉱石からレアアースを回収する事業に乗り出す。モンゴルなどで鉱山開発を検討している。同社は2008年末にベトナムで鉱山の権益を獲得している。

### **2009年3月9日日経「眠れる資源を掘り起こせ 廃家電リサイクルから希少金属 企業群で調達・回収 秋田県大館市など 不景気を逆手に進出 コストを抑え商機を生む 岐阜県中津川市 国内埋蔵量は世界一 資源不足日本の救世主」**

携帯電話などに含まれる貴金属やレアメタル（希少金属）を回収するビジネスが広がってきた。「都市鉱山」と及ばれるこれら資源の国内の埋蔵量が世界最大。その将来性を見越し、秋田県を中心にリサイクル工場の集積が進む。景気後退を逆手にとってスクラップを低価格で調達する好機と見る企業も。関東は四国でも資源再生の動きがあり、新たな雇用の場となる可能性もある。

日本有数の鉱山のあった秋田県北部の大館市のエコリサイクル本社。県内から集めた「新時代の鉱石」ともいえる電子機器類の回収・分解が進む。使用済みの携帯電話などのメーカーや製造日、型番を記録。作業員がペンチやドライバーで外枠をはずし、基板や電池を丁寧に取り出している。非鉄大手のDOWAホールディングスは、エコリサイクルを含む15社の拠点を秋田県に集めている。廃家電などから19種類の貴金属やレアメタルを回収するためだ。原料の調達から金属の回収までを手分けして行う企業群は金属リサイクルのコンビナートのようだ。家電リサイクル法の対象から外れる小型家電を回収する試みは、東北大学の中村宗教授らの呼びかけで2006年末、大館市で始まった。パソコンの基板はニッケル、携帯電話はタンタルなどを含む。これらレアメタルはハイテク関連の製造に欠かせないが、新興国の成長で需給が逼迫。安定供給へリサイクル技術の確立が大きな課題だ。

大館市の試みは2008年度に国のモデル事業となり、回収エリアは同年十月に秋田県全域に広がった。スーパーなどの回収ポストは二十二箇所から百四十箇所に増え、月当りの収集個数も開設時の1.8倍の2500個に増えた。分解した後の部材は東北大学などに持ち込まれ、製造ごとに含まれる金属の種類や量を分析する。2009年度には実際に金属を抽出する次の段階に実験に入る」予定。抽出ではグループの小坂製錬が2008年春に本格稼働した新しい炉を使う。すでに工場の廃材などから金属の回収が始まっている。年三万トンのリサイクル原料の処理能力を二三年後には十萬トンに増やす計画で「環境重視は世界の流れで

積極投資を続ける」と DOWA ホールディングスの役員は話す。グループのリサイクル技術を育てたのは金、銀、銅、亜鉛などが複雑に入り組んだ「濃鉱」の精錬だ。抽出が難しい鉱石で精錬を続け、各種の金属を分別・抽出する技術を蓄積した。1994年にグループ最後の鉱山が閉山した後も炉が内陸部にあって物流費が余計にかかる弱点を補うため、不純物が多くても価格が安い輸入鉱石を精錬。これがリサイクル資源の活用で生きた。新しい炉は、稼動後も試行錯誤が続く。大館の試みも「事業化に（電子機器・部品）1個200円かかる回収費用を少なくとも数円にする必要がある。グループの挑戦は始まったばかりだ。

OA 機器などのリサイクルを手がけるリユースビズテック（埼玉県川口市）は二月、岐阜県中津川市にレアメタルを抽出する新工場を開設した。工程に共通点が多い窯業原料メーカーの工場を活用。金属の相場が下落するなど市場環境は厳しいが、原料スクラップの仕入れ価格を押さえられる点で好機とも判断した。中津川市は高速道路のインターがあり、京浜、中京など大都市の物流面での利便性にも着目した。施設の延べ床面積は焼く1300平方メートル。精錬の前処理をして、国内の精錬会社に販売する。OA 機器のスクラップ加工の工程と窯業原料製造は共通点が多いという。窯業原料メーカーと共同事業形式にすることで人材と遊休設備をそのまま活用し、初期投資額は1億円強に抑えた。

精錬前のレアメタルの抽出量は月間85トン。数年間で投資を回収できると見ている。埼玉県の工場ではレアメタルの抽出を手がけ、「自動車業界では次世代車の開発を進めており、燃料電池などレアメタルを使う製品は増える」とみている。四国などの精錬会社でも既存施設を活用し動揺の事業に乗り出す動きもある。軌道に乗れば地域の雇用拡大にもつながる。

金は世界の埋蔵量の16%、銀は22%、薄型テレビに欠かせないインジウムでは61%、にも達する。独立行政法人物質・材料研究機構が国内の家電製品などから回収できる金属量を試算した結果だ。いずれも埋蔵量世界一の国を上回る規模になる。「ほとんどの金属は過去に掘った量が埋蔵量よりも多い」と指摘。回収した金属を有効資源として扱うことで、国内産業を支える可能性が大きい。廃家電から金属を取り出す技術では日本が世界をリードするが、分別などコスト高につながる人手の作業が多いのが課題だ。物材機構は人手を使わずに金属を分離・回収する方法を開発するなど「都市鉱山」の利用を技術で後押ししている。「秋田のプロジェクトが動いたおかげで、問題点がみえてきた」と話す。含有量の少ないレアメタルは単純に廃家電から取り出す技術だけでなく、いかに濃縮して利用可能にするかという新たな工程も重要という。「鉱山」にあたる廃家電から「鉱石」を作る濃縮工程を経て様々な金属を精錬する、産業界や自治体、住民も巻き込んだサイクルの構築が目標だ。

### 2009.3.9 日経「眠れる資源 掘り起こせ、廃家電リサイクルから希少金属」

携帯電話などに含まれる貴金属やレアメタルを回収するビジネスが広がってきた。「都市鉱山」と呼ばれるこれら資源の国内の埋蔵量が世界最大。その将来性を見越し、秋田県を



中心にリサイクル工場の集積が進む。

金は世界の埋蔵量の 16%、銀は 22%、薄型テレビに欠かせないインジウムでは 61%にも達する。いずれも埋蔵量世界一の国を上回る規模。

#### **2008 年 12 月 2 日日経「トヨタグループ 希少素材を自力調達 豊田通商 ベトナムで権益 環境車需要に対応」**

トヨタ自動車グループはハイブリッド車などに不可欠なレアアース（希土類）の自力調達に乗り出す。傘下の豊田通商がベトナムで鉱山権益を確保、インドからの輸入販売権を持つ専門商社を買収した。総投資額は約百億円。レアアースの国内需要の九割を依存する中国では、政府による輸出規制強化の動きがある。トヨタは環境車の増産をにらみ、戦略性の高い希少素材の安定調達に向け独自ルートを確保する。レアアースの代表種であるネオジムはハイブリッド車やハードディスク装置に使う高性能モーターに不可欠な強力磁石の材料で、モーターの小型化・軽量化に欠かせない。豊田通商はベトナム国営鉱物公社と合弁で鉱山会社を設立し、ハノイ北西部のドンパオ鉱床の権益を取得する。日本側が 49%を出資する予定で、豊田通商は日本分の過半もしくは全部を出資する。2011 年からレアアースを年間 5 千トンを生産する。さらにインド国営のインディアンレアアースの鉱物の輸入販売権を持つ和光物産を 5 億円で買収。2010 年から年間 4 千トンを入力する。豊田通商がベトナムとインドから調達するレアアースは国内需要の 2 割強に当たる。これまでハイブリッド車向けレアアースは素材・部品メーカーが専門商社経由で兆月していた。しかし、環境車の需要増で、レアアースの重要性が高まってきたため、多様な地域から安定的に調達できるようにする。トヨタは 2007 年で 43 万台のハイブリッド車世界販売を 2010 年に 100 万台に増やす方針。レアアースの国内需要は今後、年率 15%程度の増加が見込まれ、世界的な争奪戦の激化が予想される。

#### **2008.11.28 日経「レアメタル、軒並み急落、モリブデン 8 月比 74%安、需要減退で上げ基調一変」**

モリブデン、インジウム、コバルトなどレアメタルの国際スポット価格が軒並み急落している。世界的な景気減速を受けて需要が減退。精錬や欧米のトレーダーなどが売り急ぎに転じた。今年の最高値からすでに半値以下となった品種も多く、年初からの上げ基調が一変した。

#### **2008 年 11 月 28 日日経「レアメタル、軒並み急落 モリブデン 8 月比 74%安 需要減退で上げ基調一変」**

モリブデン、インジウム、コバルトなどレアメタルの国際スポット価格が軒並み急落している。世界的な景気減速を受けて需要が減退。精錬や欧米のトレーダーなどが売り急ぎに転じた。今年の最高値からすでに半値以下となった品種も多く、年初からの上げ基調が一

変した。

製鋼用では、モリブデンのロンドン市場のスポット価格が1ポンド8.75ドルと直近の高値を付けた八月に比べ74%下落。バナジウムは65%、マンガンは54%それぞれ同様に値下がりした。十月の世界粗鋼生産が前年同月比12%減るなあと急激な需要減を映した。モリブデンは「ロンドンやインドなどの鉄鋼メーカーの長期契約でキャンセルが出始めた」という。バナジウムは自動車や建築需要の減速、マンガンも中国でのステンレス需要の減退が値下がりに拍車をかけている。コバルトは1ポンド17ドルと、二年ぶりに20ドルを割り込んだ。電池メーカーなどの需要家は新規調達に慎重。「主要生産国の中国では鉱石の輸入を手控える動きが広がっている」という。マグネシウムは1トン2775ドルと直近の高値の5月に比べ55%安い。世界的な自動車販売の不振でアルミ圧延品メーカーの調達意欲は鈍化。世界供給の八割を握る中国では「工場ごと売却に出す例が見られる」。インジウムは1キロ420ドルと直近の高値である5月比で40%下落。パナソニックやシャープなどの液晶パネルメーカーが減産を表明し、下落基調が強まった。

#### 2008.4.30 日経 持たざる国、日本 技術武器に革新の好機 資源高 未曾有の試

大容量ハードディスクの材料となるルテニウムの加工品最大手、フルヤ金属は一月、茨城県土浦市に再生工場を稼働させた。既存工場を合わせた再資源化能力は年20tと世界需要の半分。これがルテニウムの価格に劇的な変化をもたらした。

再資源化で半値 この希少金属（レアメタル）の国際相場は2007年2月までの1年間で9倍に高騰し最高値を付けたが、現在は半値以下まで下がったのだ。資源を持たざる日本ゆえの再資源化技術は国際市況も動かし始めた。都市鉱山、非鉄業界は使われなくなったIT（情報技術）機器・工場から出る部材や不良品をこう呼ぶ。需給が逼迫する金やレアメタルの宝庫だからだ。非鉄大手DOWAホールディングス傘下のエコシステムリサイクルの本社工場。携帯電話機などの電子基板を仕分け、金を多く含むものは薬品処理に回してめっき原料にし、残りは精錬所に運んで銅などを回収する。DOWAグループでは廃棄製品に含まれる金属の九割を再資源化している。ソニーは三月発売の液晶テレビ「ブラビア」九種で背面パネルなど樹脂材料の一割に自社の使用済みブラウン管の素材を再利用した。テレビ事業本部統括部長は2008年度のコスト削減効果10%程度と試算する。膨張するコストを減らそうという省資源の取組み。一つ一つは小さく見えるが、積もれば大きな変化をもたらす。二度の石油危機を機に省エネルギーやエネルギー転換に取り組んできた先進国。三菱UFJリサーチ&コンサルティングの主任研究員は、世界のエネルギー効率や石油依存度が1980年時点と同水準にとどまっていたら2005年の世界の石油消費は八割近く増えていたと試算する。先頭を走ってきた日本の2006年の国内総生産（GDP）当たり一次エネルギー（石油や石炭など）消費は、米国の半分にとどまっている。世界が立ち向かう試練は石油危機時の比ではない。当時、大量消費社会を謳歌したのは先進国だけだったが、今その仲間入りを目指すBRICs（ブラジル、ロシア、イ

ンド、中国)の人口は30億人近い。

環境学者のレスター・ブラウン氏は中国が2031年に米国並みの生活水準になれば、直近の世界生産量の1.2倍もの原油をたった一国で消費することになると予測。このままでは資源の枯渇や地球環境の大幅な悪化は避けられなくなる。

脱・石油が生命線 新興国の成長の恩恵を受ける産業界にとり、温暖化ガスを大量排出する石油依存技術からの転換は生命線。シャープと三洋電機は太陽光発電システムの価格を半分程度に抑える技術を開発、シャープがまず2009年度に専用工場を稼動する。家庭用電力とのコスト差は二倍強から一倍強に縮まり、普及が視野に入る。トヨタ自動車など世界の自動車大手は、水素と酸素から発生させる電機で走る燃料電池車の開発に多額の資金をつぎ込む。無論、資源問題を克服できる技術革新は一朝一夕には実現できない。その前に世界経済・環境がより深刻な事態に陥る恐れもある。ただ、英国がかつて石炭利用で世界に先行し十八世紀後半の産業革命を起こすことになったのは、鉄鋼生産などの燃料に使われていた木炭が森林資源の枯渇で急減したからだ。未曾有の「危機」は革新を急ぐ好機でもある。

## 2008.2.10.日経 レアメタル、価格が高騰

レアメタル (rare metal) は直訳すれば「まれな金属」という意味で、希少金属とも表記する。埋蔵量が少なかったり採取が難しかったりするため、生産量や流通量が非常に少ない金属のことです。1つの金属の名称ではない。国際的な定義はないが、日本では経済産業省がプラチナ、ニッケルなど31種類の金属をレアメタルに指定している。このうちレアアース (希土類) は科学的な性質が近い17元素の総称なので、レアメタルは元素の数では47になる。

世界で最も大量に生産・消費されている鉄と比べると、その希少ぶりがわかる。鉄 (粗鋼) は年間生産量が約13億トンに達している。レアメタルの中で最も生産量が多いニッケルでも鉄のおよそ1000分の1にすぎない。量はわずかであるが、今や自動車やエレクトロニクスなど主要産業に欠かせない金属である。このため、鉄が「産業のコメ」といわれるのに対して、レアメタルは「産業のビタミン」とも呼ばれている。たとえばネオジウムは強力な磁石の材料となるため、ハイブリッド自動車の動力モーターに利用されている。プラチナは自動車の排ガスをきれいにする浄化装置に欠かせない。コバルトは携帯電話などの充電電池の材料になる。

ここ数年、レアメタルの価格が軒並み上がっている。たとえば、コバルトは過去3年間で約3.6倍、ネオジウムは約2.9倍に急騰している。ハイブリッド自動車や携帯電話などの生産が世界的に増えているのに伴ってレアメタルの需要も急増。しかし、産出量には限界があるため、需給がきつくなって価格が高騰するといった構図になっている。単に需給だけの問題ではなく、レアメタルの産出が一部の国に集中している点も価格上昇の一因となっている。世界のシェアをみると、中国はレアアースの93%、タングステンの90%を占めて

いる。南アフリカはプラチナの78%、クロムの43%です。産出国が少ないと、消費国は「中国から買えないなら他の国から輸入しよう」といった柔軟な対応が取れない。これらの国が生産計画や戦略を変えれば、消費国は大きく左右される。実際、中国は2006年11月以降、レアメタルを含む非鉄金属の輸出関税を4度にわたって引き上げた。南アフリカもレアメタルの価格上昇に合わせて課税額を増やす制度を検討している。自国内での需要を優先したり、国家的な戦略物資と位置づけて収益源にしようといった姿勢がみられる。

政府は資源外交を進め、アフリカとの関係強化を行っている。また、リサイクルの推進に取り組んでいる。使用済みの電子部品などに含まれるレアメタルの埋蔵量は世界屈指と見られることから、効率的に分離する技術の開発に補助金を出している。さらに、備蓄や代替製品の開発なども重点政策。

## 6. 水ビジネスの将来性？

### 水ビジネスとは

水に係る事業の総称。上水、工業用水、産業用水、下水、淡水化、流域の環境保全などの事業がこれにあたる。また、業態で分けるとプラント建設、水処理膜などの素材供給、施設の維持管理などが含まれる。現在、世界では水不足の問題が深刻化、これに伴い上下水道事業を中心とした水ビジネス市場の急拡大が見込まれている。世界ではすでに「水メジャー」と呼ばれる欧州系企業が寡占的な地位を占める。日本もこれに対抗すべく産官学連携の動きが盛んになってきた。

世界では水不足の問題が深刻化している。地球の70%は水で覆われているが、このうち人が利用できる淡水はわずか0.8%。また国連開発計画（UNDP）の予測では世界の約7億人（2006年）が水ストレス（利用可能な水が1人当たり年間1700 m<sup>3</sup>以下）を感じる生活を送っている。この人数は2025年までに30億人に達する見込み。人口増加、都市化、新興国の経済成長が背景にある。（利用可能な水が1人当たり年間1000 m<sup>3</sup>以下が「水不足」、500 m<sup>3</sup>以下が「絶対的な水不足」という。「水不足」の人口は2050年には10億人に）

そこで、水ビジネス市場（民営化した上下水道事業）の拡大が予想されている。産業競争力懇談会の予測（2008年）では、2025年における水ビジネスの市場規模は世界で約100兆円に達する見込み。このうち、日本企業が優位性を持つ基幹技術（膜ろ過やオゾン処理）の市場は1兆円、やや優位なプラント建設分野を加えても10兆円に過ぎない。残りの90兆円はサプライチェーンの全体にかかわる事業（施設の運転、メンテナンス、顧客管理など）が占める。この分野での日本の競争力は弱い。

市場で寡占的地位を占めるのが「水メジャー」と呼ばれる欧州系企業。具体的にはSuez、Veolia、Thames Waterの3社で約80%のシェア（給水人口）を占めている。いずれの企業も欧州、北米、アジア、南米など幅広い地域での事業展開を行う。メジャー化の背景には、欧州諸国で早くから上下水道の民営化が行われていた事情がある。このような企業は、

水道だけでなく電力や交通などの社会基盤も広く担うコングロマリットを形成する。

日本では長らく公的セクターが上下水道事業を担った。そこで民間企業にはあらゆる事業ノウハウ（対象国との交渉から事業運営まで）が不足している。このため産官学連携による研究が必須となる。2009年1月には民間企業による「海外水循環システム協議会」が発足。また同時期に産官学連携組織「チーム水・日本」も発足。さらに同年7月には経済産業省が「水ビジネス。国際インフラシステム推進室」を発足させている。

### 我が国水ビジネス・水管領技術の国際展開に向けて（平成20年7月経済産業省より抜粋）

水需要について、2000年時点の世界水需要量は約4000k m<sup>3</sup>/年であるのに対し、2050年にはそれよりも約3割増しの約5200k m<sup>3</sup>/年まで増加すると見込まれている。また、国連開発計画（UNDP）の予測（Human Development Report 2006）によると、今日、約7億人が水ストレスを感じる生活をしている。同予測によると2050年には、水不足に直面する人口が10億人規模に達すると見込まれる。

地球上の水の量は約13.86億k m<sup>3</sup>、海水等97.47%（約13.51億k m<sup>3</sup>）、淡水2.53%（約0.35億k m<sup>3</sup>）、氷河等1.74%（約0.24億k m<sup>3</sup>）、地下水0.76%（約0.11億k m<sup>3</sup>）、河川・湖沼等0.01%（約0.001億k m<sup>3</sup>）。

表 世界の水需要量の推移（UNESCO1999より）単位 k m<sup>3</sup>/年、100万人

	1950	1980	1995	2000	2025
人口	2542	4410	5735	6181	7877
農業	1080	2112	2504	2605 (66%)	3189 (60.1%)
工業	86.7	219	344	384 (9.7%)	607 (11.6%)
都市	204	713	752	776 (19.5%)	1170 (22.3%)
計	1382	3715	3788	3973 (100%)	5235 (100%)

水資源量は水資源賦存（ふぞん）量を用いて表現できる。賦存量は降水量から蒸発量を差し引いた値に面積を乗じて算出する。利用可能な水資源の目安となる。

トイレの汚水処理等の適切な衛生状態にない地域の人口は約2.4億人、不衛生な水によって毎年1千万人が死亡している。水は、土地、食糧、生態系、エネルギー等とも密接に関連しており、それらとの調和が持続可能な開発の実現には不可欠。

世界の水問題の関心が高まる中、ビジネスとしてこれを捉え、世界規模の巨大市場をターゲットにした競争が始まっている。水ビジネスのすそ野は広く、その事業領域は上水、工業用水、農業用水等の水供給、造水（海水淡水化等）、下排水処理、再生水等に加え、流域・水域の環境保全など多くの事業領域がある。また、業態についても、調査・計画、水処理膜等の素材供給、プラント建設、エンジニアリング、施設の維持管理・運営、分析業務等多岐にわたる。世界の水ビジネスの市場規模をみると、設備投資部門よりも運営部門の市場がわずかに大きく、中でも水（用水）関連運営部門が最も大きい。

厚生労働省の調査報告書（2008.1）によると、世界の上下水道の民営化市場においては、維持管理・運営を軸に、バリューチェーン全体に影響力を及ぼしているスエズ（仏）、ヴェオリア（仏）等の海外水メジャーが圧倒的シェアを占めている。これら欧米諸国の多くは、古くから上下水道事業の民営化が進んでおり、国境を越えて水供給とこれに関するサービス事業の積極的な展開を行っている。このように、民間事業者の存在感が大きい点が我が国とは大きく異なっている。近年は、欧州の水供給事業者が電力供給、交通、廃棄物処理等の社会インフラ事業を一手に担うべく、M&Aを繰り返し、巨大なコングロマリット（「総合ユーティリティ」企業化）を形成しており、上位3社で世界の水道市場の約8割を占めるなど寡占化状態となっている。また、これら企業は、アジア地域へも積極的に投資しているほか、我が国の上下水道の民間委託事業に参入するなど、国内市場への進出も始まっている。

一方、我が国においては、水道事業は公営の事業として行われ、2001年の水道法改正に伴い、包括的な民間業務委託が認められたが、民間の水供給事業者の活動の歴史は浅い。これに対して、上水処理装置、下水・排水処理装置、海水淡水化装置等の水関連装置分野に関しては、民間企業が国内での設備引き渡し形態でのビジネスに慣れ親しんできている。このようなことから、我が国では、サービス提供業務は官主導で実施され、民間ビジネスは補完的業務にとどまる一方で、素材供給市場では民間企業が高いシェアを占める。他方、海外では、サービス提供業務が民間ビジネスとなっているが、これら分野の事業運営に係るノウハウの乏しい我が国の民間ビジネスがこれら海外市場に参入した実績は少ない。

世界における水ビジネスの市場規模は、上下水道事業の民営化の進展に伴い、中長期的に拡大することが見込まれる。様々な予測があるが、産業競争力懇談会（COCON）によれば、2025年の素材供給に関する市場規模は約1兆円、エンジニアリング、調達、建設を含めた市場規模は約10兆円、事業運営・管理まで含めた市場規模は約100兆円と見込まれる。中でも事業運営・管理業務が大きく伸びると見込まれる。

このような中で、わが国企業も資機材の製造事業者や商社等一部の事業者は、海外の事業を積極的に展開する一方、海外における水道事業全体の管理・運営については、その実績に乏しく、市場確保に至っていない。また、我が国には公的セクターが有する管理面を含んだ高い技術ノウハウが存在するものの、海外に進出したい企業との連携が図られにくい構造になっている。

水ビジネスを国際展開するに当たっては、水ビジネスの領域・業態が多様であることから、それぞれの分野ごとに現状と課題を踏まえた対応が必要になるが、共通項としては、我が国の技術力の強みを生かすことが挙げられる。そもそも元来我が国の水資源は、決して豊かにあるわけではなく、一人当たり換算した資源量では世界平均のおおよそ2分の1に過ぎない。このような限られた水資源環境の中で、高度経済成長期における工業用水や都市化の進展による生活用水の需要に対応し、継続的な経済発展を維持してきた背景には、節水技術の高度化を通じた効率的な水管理システムを構築してきたことがある。我が

国は膜技術に代表されるような省水技術や耐震・漏水防止技術などを利用し、工業用水の回収率を8割近くまで高め、水道の漏水率を1割以下に抑えるなど、効率的な水資源管理を実施しつつ、高い経済成長を誇ってきた。このような省水型の水管理システムこそ世界トップレベルにある我が国の強みとするところであり、それを支える具体的な技術の代表例を以下に挙げる。

<膜処理技術>2003年末までに設置された全淡水プラントのメーカー国別実績をみると、我が国は米国に次いで第2位、また我が国メーカーのシェアは、全方式で20%、蒸発法（海水を熱して蒸発させ、再び冷やして真水を得る手法）で27%、逆浸透法（海水に圧力をかけて、ろ過膜で淡水を漉し出す手法）で14%となっている。中でも膜処理技術については、我が国の技術力が世界をリードしており、約6割の市場シェアを有している。特に、技術的に高度とされ、エネルギー効率に優れている海水淡水化の逆浸透膜（RO膜：Reverse Osmosis Membrane）技術については、我が国企業が世界市場の約7割のシェアを占めている。また近年、世界では都市下水の再生水処理が増加傾向にある。本技術は、下水の二次処理水を精密ろ過膜（MF膜）/限外ろ過膜（UF膜）で処理した後、さらに逆浸透膜で処理する方式であるが、最近では、都市下水の活性汚泥処理槽に直接MF膜やUF膜を浸漬する膜分離活性汚泥法（MBR; Membrane Bio-Reactor）方式の大型化も進んでいる。これらの分野においても、我が国企業は、シンガポールやクウェートの下水再生施設のほか、中国の大規模MBR施設等、膜エレメントの供給を主体に世界で資機材の供給事業を拡大している。

<水道漏水対策技術>我が国の水道の漏水対策の実績は、世界トップ水準にある。これは、長寿命管の敷設、管網のブロック化、老朽管の更新等の管網リハビリ対策に加えて、漏水探知技術、管路補修技術等を効果的に組み合わせることによって、無収水の割合を減らし、効果的・効率的な水供給が可能となっている。

#### 国際展開に向けた課題

##### 国を挙げての戦略性の欠如

欧米の水メジャー企業が国際的に優位な状況を確認している要因の一つとして、国を挙げて国益を考えた戦略をとっているとの指摘がある。例えば、上下水道サービスに関して、フランスが「飲料水供給と上下水道に関するサービス活動の標準化」を提案し、2007年にこれが承認されることによって、自国企業に有利な規格の国際標準化が実現されている。また、シンガポールやドイツ、スペイン、韓国などにおいても、自国の経験を生かしつつ、国策として世界展開を図る動きが加速している。これに対して、我が国が強みとする技術はいくつもあるものの、各企業の事業方針に則った、個々の要素技術の展開にとどまっております。国策としての戦略的展開はなされていない。商社等は、海外の民営化事業への投資を個々に進めているものの、水ビジネスの海外展開に当たっては、日本の強みをいかした連携が図られていない。また、今後の大きなビジネスチャンスに向けた戦略的拠点の設定と、市場開拓戦略策定に向けて産学官で重点的に取り組むべき国・地域・事業分野の絞り

込みの視点も不十分と言わざるを得ない。

#### 維持管理・運営分野での実績不足

欧米の水メジャー企業は固有の特徴的な技術を持っているわけではなく、維持管理・運営分野までを含めた全領域に関する技術・ノウハウを有していることがその強みとなっている。特に、百年以上の活動実績を基に、管路の漏水対策ノウハウや管網管理ノウハウ等を有するとともに、優れた情報収集能力を持っている。また、海外展開に当たっては、地場産業の買収により現地事情に精通したオペレータを確保することによって事業運営の効率化を図るなどの工夫を凝らしている。これに対し、我が国民間企業は、海水淡水化分野を除き上下水道施設の維持管理・運営分野での実績に乏しく、海外での当該分野での入札参加条件を満たせず、市場参入が困難な状況にある。水分野での ODA 実績を見ると。日本企業の貢献度合いは大きいものの、一過性の施設建設業務が主体で、その後の施設の維持管理・運営は海外水メジャーが受託する例があり、我が国民間企業の市場開拓につながっていない。

#### 2013.2.15 日経「アジアで水道システム、日立、既存設備で漏水検出」

日立製作所は水道管の水圧や水量を分析し、漏水の有無や発生場所を検出できるシステムを開発した。人口が増加する一方、水道網の整備不良で漏水率の高さが問題になっているインドやベトナムなどの新興国に売り込む。日立は水ビジネスを 2015 年度に年 2000 億円規模に引き上げる計画。IT（情報技術）を活用した水関連システムを海外展開し、事業拡大に弾みをつける。アジアの主要都市では漏水率の高さが問題になっている。タイのバンコクやインドのムンバイなどでも約 30%とされ、日本の 4 倍程度に達する。日立は今後も人口増で水需要の拡大が見込まれることから、インドネシアなどを含めたアジアの水道当局に新システムを売り込み、15 年にも事業化する方針。開発した漏水検知システムは水道網ですでに使われている流量計や水圧計などを使う。河川などから水を引き込んで水道水にする浄水場の給水地域を複数の地域に分けて、大量に設置されている圧力計などのデータを細かく分析。流量や水圧の変化や水道管の長さから漏水の発生や問題の場所を予測、検知する。現在は地中に埋め込むセンサーを使った漏水検知技術が開発されているが、日立の新システムは工事費などを抑制できる。日立は水ビジネスの売上高を 12 年度の 1100 億円から、まず 15 年度には 2000 億円にする計画。海外売上高比率も現在の 15%から 40%に高めたい考え。4 月には水事業に強い全額出資子会社の日立プラントテクノロジーを本体に吸収合併する。

#### 2013.2.5 日経「水事業、大きな商機、住商が英社買収、日本式に技術力」

住友商事が英国の水道事業会社買収に乗り出すのは、水ビジネスが世界で有数の成長市場になっているから。日常生活、食糧や工業品の生産などあらゆる場面に欠かせない水の確保・供給は、世界人口の急増が問題となる中で大きな商機を秘めている。



水道ビジネスは仏ヴェオリア、米 GE などが先行、中東・アフリカや中国などで事業獲得をしてきた。日本の企業や自治体は漏水防止や水質浄化など個々の要素技術では優れていたが、水道事業を包括的に請け負う体制が整備されていなかった。こうした「技術資源」を活用するため、日本では 2009 年ごろから、水ビジネスを官民で輸出産業に育てる機運が盛り上がってきた。

丸紅は民間水道会社で世界最大規模のフィリピン企業に 20% 出資したのに加え、チリ 3 位の水道会社も買収。三菱商事も日揮などと共同で買収している。こうした買収に産業革新機構も参加している。住商は日本式の高い水道技術の輸出を検討する。英国の漏水率は 20% 程度と数% レベルの日本より高い。新興国だけでなくインフラの老朽化が進む先進国でも、日本の技術力を生かした改修需要取り込みにもつながる可能性がある。日本企業による海外での水道事業の拡大は、水道技術の輸出を狙う日本の水道局などにも追い風になりそうだ。

大手商社による海外での主な水道事業

住友商事；英水道会社を 450 億円超で買収。丸紅；民間水道事業会社で最大規模のフィリピン企業に 20% 出資。三菱商事；産業改革機構や日揮などと組み豪州で上水道事業に参画。伊藤忠商事；英水道会社に約 20% 出資。三井物産；三井物産シンガポールのハイフラックスと中国で事業展開。

## 2012.7.30 日経「水と都市環境、世界を左右、日本の商機広がるか」

日本は人口減少期に入ったが、世界人口急増は続く。70 億人に達した世界人口は今世紀半ばには 90 億人を超え、発展途上国では都市がさらに膨張する。水や電力の供給、廃棄物の処理……。都市の環境と社会基盤の整備は世界の将来を左右する課題となり、企業の国際競争の焦点にもなる。

毎年 7 月、シンガポールの巨大な国際会議場に、世界各国の閣僚や大都市の首長、国際機関の幹部、企業関係者など 2 万人近い人が集まる。国際水週間、世界都市サミット、クリーン環境サミットなどの会議や分科会が連日、並行して開かれ、水処理や環境・省エネ関連の見本市も、同時に開催される。

今年の一連の会議では、「都市は持続可能か」という危機感が広がっていた。50 年前に 30 億人強だった世界人口が 70 億人を超えた昨年、都市の住民が初めて世界の過半数を占めた。いま、地球の表面積の 3% にあたる都市が、天然資源の 75% を消費し、ゴミや二酸化炭素の大半を排出している。UNEP の幹部は都市が消費する資源の削減 reduce、循環 recycle、再利用 reuse が持続可能性のカギになると訴え、この 3 つの R の徹底で、「都市が必要な資源を自ら生み出すシステムに変えていく発想が重要だ」と説く。問題は資源の制約だけではない。シンガポールの環境・水資源相は「適切なガバナンスと明確なリーダーシップが必要」と繰り返し語る。シンガポールの 1 人当たりの天然の水資源量は日本の 28 分の 1 程度に過ぎない。水資源の制約をどう克服するかを国の戦略命題に位置づけ、効率

的な水インフラをつくりあげた。インドの都市開発相は「今後 5 年間でインフラ整備の遅れを挽回しなければならない」とし、上下水道を優先分野に挙げる。ニューデリーで最近、深刻な水不足が起き、市民が給水車に殺到した。雨量が例年よりも少なく、隣の州からの水の供給が減ったうえ、市内の水道管の補修も遅れていたからだという。新たな社会基盤の整備だけでなく、既存のインフラの適切な維持・管理も差し迫った課題。しかし「水などの問題を解決しようとしても、予算が足りない」と多くの国の政府関係者はもたす。

需要拡大に伴って、途上国も社会基盤のすべてを官では担えなくなった。民間の役割が広がるのは当然の流れ。シンガポールは「様々な面で官より民間企業のほうがいい仕事ができる」と割り切って、インフラ運営を担える企業の育成を進めた。水道事業のハイフラックスは過去 10 年間に急成長し、中国などへの進出もめざましい。国と市が一体の都市国家で、政府が強い指導力を発揮するシンガポールは、事業推進のスピードが速い。その結果「研究開発も含めたインフラに関するグローバルなハブ、国際的なショーケースになった」と世界銀行の幹部は言う。先進国企業も、このショーケースを活用する。ドイツのシーメンスは、水、電力といった縦割りに代えて「インフラ・都市」事業部門を新設したことを会議でアピール。同部門の責任者は「先進国の高齢化、途上国の人口急増のそれぞれに対応し、エネルギー、交通、水、都市の安全を一体で考える」と説明した。日本勢もインフラ分野で存在感を強めようとしている。パナソニックは「環境イノベーションのトップ企業をめざす」と強調し、見本市に合わせてシンガポールに住宅などの省エネ技術開発センターを開発すると発表。DOWA エコシステムは貴金属リサイクルの新工場を開設し、アジアでの廃棄物回収処理ネットワークの拡大を印象付けた。水道については、自治体が日本の事業の担い手。東京都、横浜市、福岡市などの自治体や、中部地方の自治体・企業・大学などが連携したフォーラムも、シンガポールの見本市に出展するようになった。東京都は、都の監督下の第三セクターである東京水道サービスが 100%出資する形で、東京水道インターナショナルという事業会社を 4 月に設立。海外の事業に機動的に参加できるようにするためだ。途上国では水道の漏水率が 30%以上という例も多い。漏水率 3%以下の東京都への技術協力の要請は多かった。これまで国際協力機構（JICA）の援助案件に役所が協力してきたのから一歩進め、ビジネスとして参入する体制を整えたといえる。膜やポンプなどの機材で競争力がある日本だが、オペレーションの分野でもようやく海外に進出するスタートラインに立った。

欧州の政府債務危機の余波で、いま欧米やアジアの銀行は長期のリスクを取りにくい。多くの銀行がアジア・中東などのインフラ事業向け融資から撤退し、欧州や韓国の企業は資金調達が容易ではなくなった。この状況は、日本勢が海外インフラ事業への参入を進めるチャンスにつながる。インフラ輸出を成長戦略の柱の 1 つに位置づけるようになった日本にとって、国際協力銀行などの公的金融の活用拡大を含め、金融面の優位を生かすことも、戦略推進のテコになるろう。

### **2011.4.23 日経「北九州市、水ビジネス注力、官民連携 アジアでの浸透目指す」**

新興国の経済成長などに伴う水需要の拡大を背景に、浄水設備の製造や上下水道の敷設、管理といった水を巡る海外ビジネスが注目されている。有望市場への参入を狙って企業や自治体の動きが活発。九州・山口では北九州市が企業と連携してアジアでの取り組みを進めており、全国の先頭集団を走っている。

ウォータープラザ北九州が本格稼働。NEDO が市の協力で設置したプラント。下水再利用と海水淡水化の技術を組み合わせ、1日1400トンの工業用水をうむ。11日は発電用として九州電力小倉発電所への供給も開始。効率的に水をつくる国内初の実証施設。北九州市は、カンボジアで計画されている浄水場建設への指導助言業務について、3月に約1400万円で契約。国内では東京都や横浜市が水ビジネスに熱心だが、海外で受注に結び付けたのは初めて。同市はJICAの事業で、カンボジアや中国で浄水場の運転指導、漏水防止対策などを支援した実績あり。

世界のビジネス市場は急拡大が見込まれる。経済産業省は民間企業などに開放される分野だけでも、2007年の7.5兆円が25年には31兆円になるとの試算。このうち日本の関与を千数百億円から1.8兆円に引き上げる目標を掲げている。技術や機器製造分野で優位に立つ日本が存在感を高めるには、上下水道事業の管理・運営を長年担ってきた自治体のノウハウ活用がカギを握る。地方公務員が海外事業にどこまで携われるか課題もある。

### **2011.3.8 読売「日立、中国で水ビジネス、上下水道を一括受注、欧州企業に対抗」**

日立製作所が、中国で水ビジネスを本格展開することが7日、明らかになった。四川省成都市で下水道の浄化システムを納入するほか、各都市で上下水道の建設・運営などの一括受注を目指す。日本メーカーが中国で包括的な水ビジネスに参入するのは初めて。納入するのは、微生物を使って短時間に生活排水などに含まれる窒素を取り除く浄化システムで、従来法方式に比べて、設備投資が抑えられる。現地の有力企業である興蓉集団と行動で事業を行う。中国は急速に都市化が進んでおり、上下水道の処理能力が追い付いていない。経産省は2025年までに、中国が世界の水ビジネスの約15%（約12.4兆円）を占める世界最大の市場に成長すると見込んでおり、日立は中国での事業強化は不可欠と判断した。日本企業の水ビジネスは、部品納入や総合商社の出資などにとどまっており、先行する仏のスエズ社やベオリア社「水メジャー」に比べ出遅れている。一方、政府は昨年6月、水ビジネスを含むインフラ（社会資本）輸出を成長戦略の一つに掲げるなど、支援強化を打ち出している。日立は政府の支援を追い風に、今後、中国だけでなく、東南アジアや中東での水ビジネスの受注拡大を図る考えで、関連ビジネスの売上高を、15年度には09年度比約2倍の2000億円まで拡大させる方針。

### **2011.3.8 読売「一括受注で収益拡大、運営ノウハウを蓄積、日立、水ビジネス本格化」**

中国は水源が少なく、北部では水不足、南部では水質汚染が問題になっている。25年に

は世界の水ビジネス市場で約 2 割を占める世界最大の市場に成長するとみられる。日立は中国への本格参入に先駆けて、昨年 1 月に海外の案件で初めて、モルディブの上下水道事業に参画し、運営ノウハウの蓄積を進めてきた。ただ、新興国を中心とした海外での水ビジネスは、計画変更や工事の遅れのリスクが高く、受注額が大きくなる分、事業が失敗した場合の損失も大きくなる。今回の日立のケースが、日本メーカーの中国でのビジネス拡大に向けた試金石になりそう。これまで日本では、上下水道の事業運営は主に自治体が担い、企業の国際競争力は弱かった。このため、世界の水ビジネスでは、日本企業は大きく出遅れているが実情。急速な都市化の進行で、世界の水使用量は人口増加率をはるかに上回るスピードで増えている。経産省は 25 年には、00 年に比べ世界の取水量が約 3 割増加すると見込んでいる。特に人口増加が著しい中国やインド、サウジアラビアなどを中心に需要が伸び、世界全体の市場は 25 年には、07 年比約 2.3 倍の約 80 兆円まで拡大する見通し。日立が中国の水ビジネスで、上下水道の建設・運営などの一括受注を目指すのは、パイプや膜処理といった部品の販売だけでは、収益拡大が期待できないから。手薄だった運転ノウハウを蓄積し、世界最大の市場に成長する中国各地で受注を目指す狙いがある。市場の急拡大を見据え、いち早く動きを見せているのは総合商社。三井物産は 10 年 8 月にシンガポールのハイフラックス社と中国の水ビジネスで合弁会社設立を、丸紅は 11 月にチリの水道会社の買収をそれぞれ発表した。先行する「水メジャー」は、技術的に優位なわけではないが、運営面のノウハウの高さや経験の多さが評価されシェアを拡大してきた。メジャーの切り崩しを狙うためにも、今後は、部品の受注などを優位に進められるよう、設計段階から関与し、建設から運営まで一括で受注することで、シェア拡大を狙う。また、水道事業運営のノウハウを持つ東京都や大阪市など、自治体が海外進出に向けた準備を進めており、こうした自治体との連携も受注のカギとなる。シェア拡大には価格面でも課題が残る。市場拡大が期待される新興国は、高品質の技術が必要だとは限らない。このため、「水ビジネスでも、携帯電話と同様に、ガラパゴス化が進みかねない」といった声も早くも上がっており、国内メーカーは価格面での競争力を高める必要がある。

**2010.11.8 読売「海水や生活排水を、直径約 20 センチ、長さ約 1 メートルの円筒の中へポンプで送り込む。筒を通り抜けるだけで濾過され、一瞬で真水に。**

内部でフィルターの役割を果たし、不純物を取り除くのは、極小の穴が開いた「逆浸透膜」。水不足に悩む世界各国から、「命の水」を作り出す装置として注目を集めている。海水淡水化用の逆浸透膜製造ではシェア世界一の日東電工が今年 5 月に開発した新製品「SWC6 MAX」。膜の表面に特殊な技術でひだ状にして表面積を拡大することで、一定時間の濾過水量が従来品の 1.5 倍に増え、塩分除去率は世界最高水準の 99.8%。逆浸透膜は 1960 年代に米国で発明された。海水を蒸発させ、その後冷却して真水をにする従来法に比べ、低コストな上、二酸化炭素も発生しないため、2000 年以降、主流になっている。70 年代から研究を始めた日東電工は、ポリアミドと呼ばれるナイロン膜に直径 5~6 オングストローム（1 オン

グストロームは 100 億分の 1 メートル) の穴をあけることに成功。水中の細菌やウイルスに加え塩や他のミネラルなども除去し、海水の場合、3.5%の塩分濃度を 0.0075%まで下げられるようになった。同社は、90 年代後半からは欧米、中東、アジアなどの海水淡水化工場向けに輸出するようになり、現在は世界各国で 1 日計約 570 万トンの水を作り出す。これは「約 2800 万人分の生活用水に相当する」という。中国やアルジェリアでは干ばつや砂漠化で不足する飲料水を補い、南極観測基地でも役立っている。新製品は早速、オーストラリアでの導入が決まった。「日本の技術が世界で認められている証拠」。20 年以上、逆浸透膜開発に携わるメンブレン（水処理膜）事業部企画統括部長はそう話す。

### 2010.6.2 読売「水ビジネス参入して、環境白書、25 年い 100 兆円市場」

政府は 1 日、2010 年版の「環境・循環型社会・生物多様性白書」を閣議決定。25 年に世界で 100 兆円規模に達するとされる「水ビジネス」の章を初めて設けて日本企業の積極参入を訴えたほか、環境分野の特許件数について日米独の 3 か国で競い合っている状況も紹介している。白書は、日本が水ビジネスで優位に立てる根拠として、2003 年のアジア開発銀行の調査を引用。調査は、水道事業者が供給した水のうち、漏水などで料金徴収できなかった水の割合をアジア主要 18 都市で比較したもので、最も割合が低く、好成绩だったのは日本（大阪市）の 7%。18 都市の平均は 34%で、最下位のマニラは 62%。こうした状況から白書は、途上国で今後、水道需要が伸び、漏水対策や浄水技術の市場も拡大すると指摘。日本の技術は参入の武器になるが、日本では自治体が水道事業を担い、民間企業にノウハウが少ないため、「近年の国際競争の動きに即応できていない」とも分析。官民が連携して参入する必要性を訴えた。

### 2008 年 9 月 7 日日経「この 1 冊 水の未来 フレッドピアス著 古草秀子訳 日経 BP 社 2300 円 評 目白大学 林俊郎」

干上がる現実、臨場感もって検証

英国で年間最優秀環境ジャーナリストに選ばれ、ピーター賞など数々の受賞経験のあるフレッドピアスが、地球上の水の状態を水循環の立場から研究した長年の成果を集大成した秀作である。本書の醍醐味は、なんと言っても著者が世界をフィールドに自らの足でつぶさに検証して地球環境の現実の姿を浮き彫りにした点にあり、臨場感に溢れている。著者は「世界中の川が干上がる」と警告する。原因は生活水の無駄遣いではない。1960 年代に始まった食糧増産の「緑の革命」がもたらした人口増加である。第二次世界大戦直後の 25 億であった地球人口は、緑の革命によって 65 億を超えた。巨大な人口を養う食糧増産のために川から水が根こそぎ奪われて世界の川が干上がっているのである。著者によれば、例えばインダス川は今世紀初頭に河口から数百キロも上流で干上がった。農耕の発祥地ヨルダン渓谷を流れたヨルダン川の水は今ではヨルダンまで届かない。国連が二十世紀最大の環境災害と呼んだアラブ海の消滅も底に流入する大河が干上がったためだ。世界の川が

干上がる現象は、十流にある国が水を独占していることを意味する。二十一世紀が「水戦争の時代」と呼ばれるゆえんである。川の枯渇は広大な流域に甚大な環境破壊をもたらす。著者は地球環境破壊の元凶が今日のダム主体の水管理システムにあると指摘する。人口増と人間の持つ欲望の圧力は川だけでなく、地下水源をも枯渇させる。耕地の四分の一を地下水に頼るインドでは、安い日本製のポンプで大量の地下水を汲み上げている。そのため以前は手で汲み上げられていた地下水位が 400 メートルも低下している。地下水に全面的に依存する世界のパンかごの米国中西部では、水源の枯渇と耕地の塩害が拡大している。著者のピアスは地球全土で進行している絶望的な惨状を告発する一方で、悠久の水循環を生かした古代の叡知に水管理の未来を展望する。水を巡る争いの本質は食料である。本書は日本に、食料の大半を海外に依存することの罪の重さと危うさを問いかける必読の書である。

#### **2008 年 9 月 4 日日経「環境 SOS 温暖化と向き合う 海を水がめに変える筒 淡水化技術、生活を支える」**

十八世紀に金印が見つかった福岡市の志賀島近く。巨大倉庫に轟音が響く。ここは日本最大の海水淡水化施設「まみずピア」。整然と並ぶ千本の筒に海水が送り込まれ特殊な膜でこして真水に変えている。同市と周辺八市十町で構成する福岡都市圏は水不足に悩まされてきた。大きな川がなく遠くの筑後川などに頼っているが、雨が少ないと二三年に一度は取水制限になった。ここ十年は水不足が頻発。温暖化との関連を指摘する声もある。眼前の海を水がめに変えるべく誕生したのがまみずピア。同都市圏の人口の一割強にあたる 25 万人分の真水を作っている。「三年前の稼働以来、家庭の蛇口に影響は出ていない」。温暖化が進むと水資源の安定確保は世界的な課題となる。気温上昇が地球レベルでの水循環を狂わせ、豪雨が増えたり、干ばつのリスクが高まったりする。国連の気候変動に関する政府間パネル (IPCC) はアフリカ南部や中東、欧州南部などで今世紀半ばまでに河川流量が一から三割減ると指摘。国内でも北海道や九州南部が深刻な渇水見舞われる恐れがあるとされる。環境省が打開策の一つと考えているのが海水淡水化。日本は高度な技術を持つ。まみずピアでは一本一本の筒に東洋紡の膜が仕込まれている。膜には 1 ナノ (ナノは一億分の一) メートル以下の小さな穴が多数あいており、水だけを通す。東レも同様の分離膜を開発済み。こうした処理技術をいかして水不足の国々で 5 7 0 0 万人分の水を生み出している。同社地球環境研究所は「今後さらに需要の拡大が見込める」と語る。日本の技術は温暖化の影響を軽減する切り札として期待が大きい。

#### **2008 年 9 月 29 日日経「なるほどビジネス Map 淡水化、日本の技術活躍」**

海水などを蒸発させたり分離膜でこしたりして真水を作る淡水化プラントが世界で増えている。技術革新でコストが下がったことが背景にあるが、人口増加や温暖化による水不足が懸念されており、日本企業の技術が注目されている。導入が最も進んでいるのは中東で、

2005年末時点で1日の淡水化量は18,375トン。日本の消費実績に換算すれば、約61万人の生活用水に相当する。淡水化の方法は主に蒸発法だ。豊富な化石燃料を使って海水を加熱して淡水を得ている。ただ、現在の主流は膜処理法で、世界全体の淡水化量の52%を占める。逆浸透膜と呼ぶ超微細な穴が多数開いた膜でろ過するのが特徴だ。1990年代以降、技術開発が進み処理コストが下がった。逆浸透膜は日東電工と東レ、東洋紡の三社が世界の半分以上を生産している。財団法人の造水促進センターによると、淡水化量は過去約10年、毎年10%以上で増えてきた。今後も平均12%で増えるとみている。

### 2008年5月11日日経「サイエンス 食卓には大量の水が使われている 日本は水の消費大国 食料輸入に頼り不足分を穴埋め」

世界的な水不足が問題となる中、輸入した食糧をもし国内だけで生産したらどれだけ水が必要になったかを計算した「仮想水」が注目されている。日本は大量の食料を輸入して、農作物の生産に必要な水を節約している。地球温暖化などの影響で世界で使える水は今後減少すると予測され、仮想水の考えを使って水資源を有効利用する努力が必要になりそうだ。

牛丼一杯がペットボトル(1.5リットル)1260本、コップ一杯の牛乳が同73本の水を消費する。親子三人の昼食に並んだメニューの食材を国産だけで作ったと仮定したところ、合計4トンの水が必要になった。特に、水の消費量が多いのは牛丼だ。牛肉は牛が口にする飲料水のほかに、エサとなるトウモロコシなどの農産物の栽培にも大量の水が必要になるからだ。牛一頭育てるには6540トン、牛肉1キログラムでは約20トンの水が必要になる。コメは水田に水をはって豊富な水を使うように見えるが、1キログラムでは3.6トン。単純に牛肉と比較すると、約6分の一の水で済む。日本の年間降水量は1718ミリ世界平均の約2倍だが、国民一人当たりで換算すると世界平均の三分の一程度しかない。水環境問題に詳しいグローバルウォータ・ジャパン代表は「水不足を実感しなくて済むのは、食料を輸入することで大量の海外の水を使っているから」と説明。日本の食料自給率は39%と、先進国では世界最低の水準だ。特に輸入の依存度が高い小麦や大豆などの穀物は水の消費量が多い。東京大学と国立環境研究所の研究チームは、輸入した農産物を国内だけで生産すると仮定したところ、2000年度は年間627億トンの仮想水が必要になると試算した。国内で一年間に農業用として使える灌漑用水などの572億トンを上回る。東大の沖教授は「食糧生産に必要な水をすべて国内で賄うのは難しい」と指摘する。実際に日本が輸入した農産物を生産するために、輸出国で消費された水の量は2000年度は約427億トン。日本は食糧の輸入で200億トンの水を節約した計算になる。特に、最大の輸出国である米国からの輸入だけで99億トンの水の消費量を減らした。米国では大規模な農園で効率よくトウモロコシなどの農作物を収穫したり広大な放牧地で牛を育てたりするので、日本よりも少ない水で効率よく生産できる。また、東大などは日本向け農作物の生産に使った水の出所に着目。環境に大きな影響を与える地下水が多く含まれていた。地下水は雨水と違い、循環せ

ず環境変化への影響が大きい。世界各国では農作物の生産に利用した水のうち地下水の占める割合は3.7%~6.2%だったが、日本向けは約7%利用していた。「食料輸入を通じて日本は世界の水問題に密接にかかわっている」と国立環境研究所の花崎研究員は指摘する。米国では地下水が急激に減少。穀物地帯の中西部で農業用地下水に利用するオガララ帯水層では、1930年代と比べて2000年では最大で45メートル、平均で4メートルも水位が低下した。沖教授らの試算によると、米国では日本向け農作物のために年間15億トンもの地下水が失われている。地球温暖化などの影響で安定した水資源の確保は世界の大きな課題だ。現在、水不足に苦しむ人々は中東やアフリカを中心に世界で約5億人。灌漑が整っていないなど水がうまく利用できない地域を含めると世界人口の67%に上る。国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が昨年まとめた報告書では、温暖化によって今世紀半ばまでに利用可能な水資源は現在よりも10-30%減少する地域もあると予測した。「仮想水をうまく利用すれば、世界の水の節約に繋がる可能性がある」と沖教授は説明する。水をできるだけ効率よく使える国や地域で農作物を生産して各国に供給すれば、限られた水の有効利用につながる。また、牛乳一杯を残すだけで大量の水が無駄になることを知れば、食事を作りすぎたり残したりしないことへの意識が高まると期待される。タダのように感じていた水も改めて有効な使い方を考える必要が在りそうだ。

#### **2007年1月14日日経「水づくり」世界で拡大 環境技術生かす 旭化成 米中で処理膜受注 東レ 地中海圏で淡水化」**

日本企業が海外で飲料・工業用水をつくりだす水資源事業を拡大する。旭化成は中国で、東レはアフリカで浄水場や海水の淡水化に使う水処理膜を相次ぎ受注。三菱商事などは水道水事業への投資や運営を進めている。人口増や工業化を背景に世界の水不足は深刻さが増しつつある。環境技術を長年蓄積してきた日本企業には海外からの引き合いが急増しており、水資源分野を成長市場と位置づけて開拓する。

世界では11億人が水を十分に利用できないとされ、中国や中東では工業用水不足が経済成長の阻害要因となっている。民間調査会社の富士経済はプラントや超純水製造装置も含めた世界の水資源関連市場は、2010年には、2005年よりも約1000億円増えて約5700億円になるとしている。旭化成は中国で二件の大型施設向けに水処理に使う精密ろ過膜を受注した。北京市郊外で日量35000トンの汚水処理施設用に、浙江省では発電所向けに日量5万トンを淡水化する前処理施設用に納入。2006年の中国での受注額は前年比5割増のペースで、昨夏に水処理膜の現地生産を始めた杭州工場はフル稼働が続く。旭化成は米国でもミネソタ州で日量36万トンの浄水場向けに水処理膜を受注した。百万人分の水を賄う施設でシステムを含む納入額は20億-30億円。同社の水処理膜事業の売上高は2006年で約100億円。受注額拡大で2010年には500億円に引き上げる。

東レは、地中海沿岸地域のアルジェリアとイスラエル、マルタで海水の淡水化に使う逆浸透膜を受注した。アルジェリアの設備は、日量20万トンを造水するアフリカ最大の淡水



化プラントで、イスラエルやマルタも同 5 万トン規模になる。東レは逆浸透膜では世界三位で、水処理関連事業の売上高は今後十年以内に三倍の 1000 億円を目指す。逆浸透膜で米ダウ・ケミカルに次ぐ二位の日東電工も、中国浙江省などで発電所の淡水化設備向けに三件受注。2010 年度に売上高を現在の二倍の 280 億円に増やす。大手商社は中東などで海水淡水化や上下水道整備など大型施設の運営に乗り出している。三菱商事はサウジアラビアで地元企業などと組み、発電と淡水化を組み合わせ総事業費で 2300 億円前後とされるプラント建設の優先交渉権を得た。三井物産や丸紅、住友商事なども受注活動や水道会社への投資を強化する。水源事業のうち上下水道の建設、運営は欧州企業がノウハウを持ち、仏スエズなどが中国市場で先行する。日本勢はナノテクを武器に水処理膜の高機能などで攻勢をかけると同時に、インフラ整備を通じて産油国などとの関係強化も狙う。

### 2008 年 7 月 7 日日経「太陽熱で水浄化 初期コスト十分の一、淡水化も 東工大」

東京工業大学の矢部孝教授らは、太陽の熱で水を浄化する技術を開発した。海水の淡水化にも応用できる。熱で温めた水を蒸発させて塩分などを取り除く。膜を使う従来法に比べて初期コストは十分の一以下。水不足が深刻な中東やアフリカでの利用を見込む。同大学ベンチャーのエレクトラを通じて実用化する。太陽光を特殊なレンズで集めて水を摂氏 90 度まで温め塩分などを飛ばす。水をためる装置を工夫して効率よく淡水化できる。平均の日照時間が一日十時間と長い地域で、広さ 5 平方メートルのレンズを使えば一日一トンの水を生産できる。設備費用は十万～二十万円程度。膜などを使う場合は 300 万円以上もかかる。矢部教授はまずモンゴル政府と協力して、雨がほとんど降らない同国内の砂漠近くに実証設備を建設する。小型設備で済むので、雨が降らないと水不足になりやすい離島での実証実験も検討中だという。水の淡水化には逆浸透膜などの方法が実用化するが、初期コストが高い。太陽光を利用するダンプはあったが、1 日 1 トンの水を作るのに 28 平方メートルの土地が必要であった。

## 7. 燃料電池と水素社会はいつ？

### 燃料電池・水素の基本的な知識

燃料電池は、水素と酸素の化学反応を利用して電気を作る発電装置。水素を燃料電池のマイナス極に供給、また空気をプラス極に供給することにより、電気を発生させる。

燃料電池は、高分子電解質膜に触媒を塗った MEA (Membrane Electrode Assembly : 膜/電極複合体) をセパレーターで挟んだ「セル」と呼ばれるもので構成されている。一つのセルの電圧は 1V 以下と小さいため、数百ものセルを直列に接続し、電圧を高めている。セルを重ねて一つにまとめたものを「燃料電池スタック」、または「FC スタック」と呼んでいる。一般的に「燃料電池」と言う場合は、この燃料電池スタックのことを指している。

水素を利用した燃料電池の特長は、エネルギー効率の良さ。水素を燃やすことなく直接

的に電気を取り出せるため、理論的には水素の持つエネルギーの 83%を電気エネルギーに変えることができる。ガソリンエンジンと比較すると、現時点では、およそ 2 倍以上の効率を誇る。

#### 燃料電池で水素と酸素から電気をつくるしくみ

水素はマイナス極の触媒で活性化され電子を放出、水素から離れた電子がマイナス極からプラス極に流れることで電気が発生する。電子を放出した水素は水素イオンとなり、マイナス極から高分子電解質膜を通りプラス極に移動する。プラス極の触媒で空気中の酸素と水素イオンと電子が結合し、水が生成される。

バッテリー；バッテリーは充電可能な電池で、減速時にモーターによって回収されたエネルギーを貯蔵する。「トヨタ FCHV-adv」は、最大出力 21kW のニッケル水素バッテリーを搭載。減速時に回収したエネルギーを貯蔵し、加速時には燃料電池の出力をアシストする。

モーター；「トヨタ FCHV-adv」のモーターは、自社開発の交流同期電動機を使用している。減速時は発電機として機能し、エネルギーを回収する。

パワーコントロールユニット；「トヨタ FCHV-adv」のパワーコントロールユニットは、発生した電気の直流をモーター駆動用の交流に変換するインバーターと、二次電池との電気を出し入れする DC/DC コンバーター等で構成されている。あらゆる運転状況において、燃料電池の出力と二次電池の充放電を緻密に制御している。

高圧水素タンク；「トヨタ FCHV-adv」には、自社開発した 70MPa の高圧水素タンクが搭載されている。最新の 70MPa の高圧水素タンクには、水素漏れを防止するライナー（タンクの最も内側の壁）に、強度が高く水素透過防止性に優れたポリアミド（PA）系樹脂を採用している。材料の最適化、設計や製造技術の改良、そしてタンクの外側に巻かれるカーボンファイバー層の巻角度、張力、巻量の最適化などによる薄肉化を行い、内容積の向上と軽量化を実現。これにより、1 回の水素充填による航続距離を飛躍的に向上させた。

ここまで、トヨタホームページより抜粋（2014.10.4 の時点）。

#### トヨタ自動車、FCV 用高圧水素タンクについて「登録容器製造業者」の認可取得（2014.8.29）

「トヨタは上記のように「登録容器製造業者」として、経済産業大臣の認可を取得した。自主検査で 高圧水素タンクが製造でき、これまで必要であった高圧ガス保全協会（KHK）の立会検査が不要になる。高圧水素タンクの製造効率が向上し、FCV の生産性が高まることで FCV のコスト低減につながる。トヨタは高圧ガス保全法で定められているガス系燃料タンクのうち、70MPa（700 気圧）の高圧水素タンク製造業者の認可を受けた。経済産業省が 1997 年に法整備したこの制度で、70MPa の高圧水素タンクの認可を受けたのは初となる。」

## 2005.7 エネルギー総合工学座談会「水素社会の実現を目指して」の内容を抜粋

水素エネルギーは、約 30 年前にヨーロッパ、アメリカ、日本などで国家レベルの取り組みが始まったと認識（太田）。その後、一時期停滞したが、日本は地道にやってきた。ここ数年、自動車用燃料としての水素の研究開発が非常に活発になっている。昔はアメリカ、日本、ヨーロッパが軸となっていた水素エネルギーの研究は最近では、中国、韓国などアジア圏で取り組みが活発化している。

1993 年から 2002 年まで行われた WE-NET（World Energy Network）水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術

石油などの化石エネルギーに替わるクリーンな再生可能エネルギーの利用は、資源や環境面での持続可能性が期待できる。地球上には、風力、水力、太陽熱などの再生可能なエネルギーが存在するが、低いエネルギー密度、長距離の輸送や貯蔵ができないため、利用が進んでいない。そこで再生可能エネルギーを一度別の形（二次エネルギー）に変えることで、地球規模で効率的に利用する方法が考えられている。この二次エネルギーとして水素を利用することで企画立案されたプロジェクト。

現時点で、水素エネルギーは、二次エネルギーとして使うという理解、要するに色々な一次エネルギーを水素エネルギーに変えて電力との間でうまくやり取りして使う。水素の場合、非常に速く循環させることができる。水素は将来のエネルギー源としてのポテンシャルは非常に大きい、二次エネルギーということに間違いはない。水素製造技術は、エネルギー変換のキーテクノロジー。水素については、国際的にもエネルギー業界を挙げて前向きな姿勢が見られる。石油業界も「水素推進派」。水素の将来に対する期待は大きい。

日本の水素エネルギーのシナリオは「2030 年のエネルギー需給展望」総合資源エネルギー調査会需給部会、平成 17 年 3 月の第 2 部に、「2030 年に向けた中長期的なエネルギー戦略の在り方」がある。その第 1 章にエネルギー需給見通しを踏まえた 4 つの戦略がある。3 番目の戦略が「3. エネルギー供給の分散と多様化による変化への対応の強化」に水素がまとめて記載されている。具体的には、経済産業省資源エネルギー庁長官の諮問機関「燃料電池実用化戦略研究会」の図が「期待される導入目標」ということで、政策のベースになるような共有データとして扱われている。燃料電池自動車、2030 年度末時点の推定保有台数 1500 万台、水素ステーション数 8500 か所、定置用 1250 万 k w の実現を目指して、民間と政府が強調して努力していくと書かれている。この数値は十分に可能性がある。なぜなら、水素を使う必然性が 2030 年代には間違いなく出てくる。2030 年頃になると、石油支援にいつまで頼れるかという議論が真剣味を帯びてくる。

水素製造技術の効率向上（現在は、水蒸気改質反応が主体）、貯蔵と輸送（水素の容積あたりのエネルギー密度が非常に低いことが大きな課題、水素の高密度技術に革新的なブレークスルーを期待、液体にして運んで使う、高圧の状態ですべて貯めておいて使う、貯蔵材料、いわゆる媒体に貯蔵させて使うの 3 つがある）、

オンサイト、オフサイト、電気分解

現在、水素は製油所、製鉄所で副産品として作られているが、水素の製造技術の一般的な動向。水素のつくり方は大別して 2 種類ある。サイト（例えば水素ステーション）で一次原料から水素を作り出す（オンサイト方式）か、サイトに水素または水素化合物を運んでくる（オフサイト方式）。どちらがより効率的かは現在精査中。オンサイト方式の場合、天然ガス、石油と言った化石燃料から水蒸気改質反応で水素を作っている。これが現在、最も効率が高い方法。他に水の電気分解があるが、日本の場合はコスト面で現在厳しい状況。期待されているのはオフサイト方式。副生水素は 2020 年、燃料電池自動車の普及目標 500 万台に対して供給する量が現在すでにある。ただ、この副生水素をどうやって効率的に運んで供給するか、そこが大きな技術課題。水素製造用エネルギーの主流は当面化石燃料。ただ、将来的には化石資源から脱却しなければいけない時代がくる。風力発電はエネルギー量が大きいと言っても利用の絶対量はあまり大きくない。一番大きい、本当に使えるのは太陽エネルギー。ただ、非常に広い面積で受け止めないといけない。どうやって使いこなすか課題がある。もう少し先の水素社会を考えると、その辺の技術開発と研究を進めないといけない。堂免先生の光触媒による水素製造。

（堂免）再生可能エネルギーの中で、地熱は膨大な量がある。それを徐々に取り出しても日本の数十年分の電気は大丈夫という説もある。風力は今どんどん開発されていますが、導入量は化石資源と比べると全然少ない。太陽電池は風力と比べてもまだ少ない。しかし、絶対量から考えるとやっぱり太陽エネルギーが非常に大きいし、太陽エネルギーを一時、ほんのしばらく、人間が使う間だけ水素エネルギーに変えて、またもとの水に戻すシステムができあがれば、環境的にも始原的にも問題ない。実際、植物の光合成は人間が使っているエネルギーの 1 ケタぐらい上のエネルギーを固定している。

水素は、拡散性が高いので、滞留させない限り爆発性はない。扱い方によっては必ずしも危険ではない。

（堂免）光触媒を使って水を分解して水素を作るということに取り組んでいる。非常に簡単に言うと人工光合成的なことをやりたいと思っている。その場合、二酸化炭素を吸収する必要はないので直接水を分解したいということ。」

水素エネルギーシステムを実用化するためには、解決しなければならない技術上の課題が数多く残されています。その課題の一つは、水素を高密度に貯蔵・輸送するための要素技術の確立。特に、燃料電池車の水素貯蔵タンクへの応用がもっとも関心の高いこと。

水素は、そのまま燃焼させるほかに、燃料電池の燃料として使用できる。どちらの場合でも二酸化炭素を排出しないグリーン燃料として利用できる。その生産方式は水の電気分解、都市ガスを下降、製鉄所でコークス炉ガスを精製する、等の方法がある。生産した水素の利用方法は現在の都市ガスのようにそのまま燃焼させて暖房などに使うこともできるが、燃料電池の燃料としての利用が期待されている。

燃料電池は、水の電気分解の逆の反応で、水素と酸素から電気を生み出す発電機のようなもの。火力発電や原子力発電は燃料から直接電気を作るのではなく、熱で水蒸気を発生

させ、発電機を回す。一方、燃料電池は燃料から直接電気を取り出すため、効率が良い。効率のよさは設備規模に左右されない。振動や騒音も小さいので携帯電話から自動車まで様々なモノのエネルギー源として利用できる。

燃料電池の原理は、1839年に発明されている。アポロ計画でも使用されています。それは、アルカリ電解質形燃料電池（AFC）で、ほかには、固体高分子形燃料電池、リン酸形燃料電池、熔融炭酸塩形燃料電池、ナトリウム-硫黄電池、バイオ燃料電池などがある。自動車に搭載されるのはイオン伝導性を持つ高分子膜を電解質に使用した固体高分子形燃料電池。空気極（正極）、燃料局（負極）、固体高分子膜（電解質）を貼りあわせて一体化させた膜を、ガスの流れる道を刻み込んだ導電板で挟んだものを積み重ねたもの。1つ1つの起電力は小さいが、これを直列に接続して高電圧が発生するようにしている。

### 日経 2018.3.24 水素エネ重視に転換、政府、基本計画に今夏明記、インフラ輸出へ先手、EVシフトで孤立懸念、燃料電池車、水素普及のカギ、トヨタ、コスト削減に力

政府が究極のクリーンエネルギーとされる水素を重視する方向に踏み込む。今夏をめどに改定するエネルギー基本計画で低炭素社会実現に向けた重要な手段として水素を活用する方針を明記。技術の優位性を生かして水素エネをインフラ輸出につなげる青写真だが、世界的な電気自動車（EV）シフトの中で戦略孤立の不安も拭えない。

水素ガスは水を電気分解するなどして生成する。燃焼しても水しか排出しないため、環境に優しいエネルギーでもある。現在のエネ基本計画では、「将来の（電気や熱に次ぐ）2次エネルギーの中心的役割を担うことが期待される」としているが、改定では重要性をより強調。普及拡大に向けた国際連携の強化などを盛り込む方向で調整する。

水素をめぐるのは昨年12月決定した水素基本戦略で、2050年を目標に水素価格を5分の1に下げ、ガソリンや液化天然ガス（LNG）などと同程度のコストにすることを掲げた。水素ステーションの整備などを盛り込んだものの、「これだけでは不十分」（経産省幹部）。基本計画で水素重視を明確にし、19年度政府予算などで関連予算の拡充を目指す。

ぐっと水素に重心を移すのは日本企業が関連技術に強みを持つからだ。水素の運搬に関わるインフラは川崎重工業や千代田化工建設、Jパワーなど、プラントや輸送の技術に強みを持つ企業も多い。燃料電池車（FCV）開発はトヨタ自動車熱心だ。神戸市では世界初の水素発電所の実証試験が始まった。アジア太平洋地域を中心とするサプライチェーン計画が実現すれば「新たなインフラ輸出の柱に育つ」（政府関係者）。経産省幹部は水素のプラットフォーム（基盤）を先んじて握れば日本の製造業が成功する可能性が高い「勝ち筋」が見えてくるのではと話す。

水素の普及には供給、需要の両面で課題が積みあがっている。今春には日豪両政府が連携し、サプライチェーン構築に向けた実証事業を始める。炭化が不十分で低品質な豪州産の「褐炭」をガス化し、水素を製造。それを専用設備を整えた船で日本に運ぼうとの計画で、30年までに商用化にこぎつきたい考えだ。

海外では原油販売への依存を減らそうとするサウジアラビアとも連携し、原油から水素を取り出す技術の実用化を目指す。日本政府は水素エネに関心の高い国々と定期的に意見交換する会議体の設置を考えているほか、20 か国・地域（G20）の場などを活用して水素活用を提言し、国際的な世論形成を主導する腹積もりだ。需要面の強化としては現在 2 千台にとどまる FCV 販売を 30 年に 80 万台に引き上げる。現在 100 か所の水素ステーションを 30 年に 900 か所に増やし、無人化などの規制改革に着手する。FCV への開発・投資は日本に限った話ではない。中国は 30 年に水素ステーション数を現在の 10 倍の 1 千か所に増やし、FCV 台数を 100 万台にすることを目標にする。経産省によると、上海同済大や精華大が中国自動車大手と連携し、着々と FCV の開発を進めている。ドイツが 23 年に 400 か所のステーション設置を目指すなど、欧米でも水素活用の動きがある。ただ、EV 時代到来といわれる中で FCV に力点を置きすぎれば「ガラパゴス化のあい路に入り込むリスクはある」（政府関係者）。FCV だけでは将来の大量供給分を消化できないとの指摘もあり、バスや船舶、発電など多様な近い道を確認していく必要がある。太陽光や風力などで発電した電力を使って水から水素をつくり、ボイラーで燃やして熱源にしたり、余った電力を貯蔵した入りする。水素には FCV 以外でもこうした様々な使い方が期待できる。本格普及に向け日本の官民はより多くの人や費用を投じていく構えだが、グローバルな EV 市場や水素エネ技術の進展などをにらみつつバランス感覚が問われる戦略になる。

次世代車で全方位の開発戦略を進めるトヨタ自動車は、水素を使う燃料電池車（FCV）も電動車の核と位置付けている。現行の FCV は高価格がネックとなって普及が遅れており、コストを大幅に引き下げる次世代 FCV を成功に導けるかが将来の水素需要にも影響してきそうだ。トヨタは環境技術で優位にあるハイブリッド車（HV）を主軸としながらも、FCV をプラグインハイブリッド車（PHV）や電気自動車（EV）と同じように力を入れて開発している。水素を使い、二酸化炭素を排出しない FCV は環境対策の上で利点が多い。電気と異なりボンベなどに詰めて運搬することもできるため扱いやすい。ガソリン車並みの航続距離や、3 分程度といった充填時間の面からも使い勝手は悪くない。30 年には HV や PHV などの電動車の世界販売を 550 万台以上とし、そのうちの走行中に二酸化炭素を排出しない「ゼロエミッション車」である EV と FCV を計 100 万台以上とする計画。次期モデルを 2020 年以降に発売する方針だ。トヨタが 14 年に発売した現行の量産型 FCV 「ミライ」は 1 台 700 万円強と割高で、これまでの販売台数は 5000 台強にとどまっている。

#### **日経 2018.3.12 水素分離コスト 2 割減、RITE と千代田化工、燃料電池向け**

地球環境産業技術研究機構（RITE）と千代田化工建設は水素を高効率で分離する技術を開発した。二酸化ケイ素（シリカ）を主成分とする無機膜を使う技術で、水素を通す膜の形状などを工夫して分離の性能を従来の 3 倍に高めた。水素を製造する装置が小型になりコストも安くなる。燃料電池車に水素を供給する水素ステーションなどとして 2025 年ごろの実用化を目指す。開発した無機膜は 4 層構造で粒の大きさが違う酸化アルミニウム（ア

ルミナ) を 3 層にした上にシリカ膜が載る。アルミナとシリカの粒の大きさを均一にするなどして水素を分離する性能を高めた。

純度 99.99% 以上の水素を膜 1 m<sup>2</sup> あたり 1 時間で約 11 万 3 千 l 取り出せる。従来は同約 3 万 9 千 l だった。水素は輸送時には水素を含む化合物として運ぶ。千代田化工はメチルシクロヘキサンとして高効率で輸送する技術をしたが、分離後に取り出す水素の純度が 99.8% にとどまり、高純度で水素を取り出す技術が求められていた。開発した膜を使えば 99.99% という高純度の水素が取り出せるうえ、従来に比べて設備費で 3 割、ランニングコストが 2 割それぞれ削減できると試算している。22 年までに小型の実証プラントを建設して実用化を目指す。

### 日経 2018. 3. 6 劣勢「水素カー」突破口は、ステーション整備へトヨタなど新会社、距離強み輸送用に期待も

トヨタ自動車や JXTG エネルギーは 5 日、水素ステーションを整備する新会社を設立した。2021 年度までに 80 か所の設備を新たに作り、水素で走る燃料電池車 (FCV、水素カー) の普及を促す。ただ、これまで販売された FCV はわずか 2 千台。次世代の環境車を巡る競争で電気自動車 (EV) に大きく水をあけられている。劣勢挽回への突破口はあるのか。

5 日、東京都内で開かれた新会社「日本水素ステーションネットワーク」の設立記者会見。資金や人を出す計 11 社の自動車、エネルギー大手の幹部がずらりと並び、冒頭で世耕経産大臣が「水素社会実現の大きな一歩」と強調した。水素ステーションの建設費は 1 か所あたり 4 億～5 億円。その半分程度を国が負担し、現在 92 か所のステーションを 4 年で倍増させる計画。14 年末にトヨタ、16 年にホンダが発売し、普及が始まった FCV。しかし足元で 2 千台にとどまる保有台数は、20 年度に 4 万台の目標からは程遠い。せつかくステーションを作っても「1 日に 1～2 台しかこないこともある」といった状態で、採算は完全に赤字。11 社が連合を組むのは、単独での投資が事実上不可能なためでもある。一方、最大のライバルの EV は保有台数が 10 万台に迫ってきた。家庭や店舗など様々な場所で手軽に充電できるのが EV の特徴で、急速充電器の設置数も 2 万カ所を超えた。この差を詰めることはできるのか。現時点での FCV が EV に勝っているのは走行距離の長さ。一度の燃料補給で FCV が 700～800 km、EV は 300～400 km しか走れない。FCV は燃料の補給時間も 3 分程度で、ガソリンやディーゼル車とほぼ同じ。EV は急速充電器を使っても数十分かかる。EV は長距離で運用する業務用の車には使いにくく、「トラックやバスとして FCV が普及する可能性はある」との指摘は多い。物流センターなどにステーションを設置すれば、燃料補給拠点の不足も緩和できる。

国はステーションに関連した規制の緩和も進める方針。例えば、無人の運営の解禁や、水素の圧縮に使う機械を安価なものにできるといった内容で、20 年までに建設費用を半分程度に下げる目標もある。ガソリンスタンドにステーションを併設しやすくする法改正も検討しており、実現すれば全国 3 万 1 千カ所のスタンドを活用できるようになる。ただ、

世界は一気に EV に傾きつつある。英仏が 40 年までにガソリン車とディーゼル車の販売をやめると表明、中国やインドもガソリン車の販売を抑制する方針を示し、有力な代替手段とされる EV の強化に世界中の自動車大手が動いている。日本の各社は 20 年の東京五輪を FCV 普及のきっかけにしたい考えだが、早期に魅力をアピールできなければ逆転のチャンスもなくなりかねない。

**日経 2018.2.26 人工光合成の装置試作**、三菱ケミカル、TOTO などが参画する人工光合成化学プロセス技術組合は、光触媒を使って水から水素を取り出す大型反応装置を試作した。太陽光エネルギーの 10% を利用できる光触媒も開発中。NEDO と東大などと共同開発。

**日経 2018.2.23 太陽光発電で水素発生装置 長州産業とトクヤマ実験**

両社は 22 日、太陽光発電を使った水素発生システムの実証実験を始めた。

**日経 2018.2.4 サウジ国営会社「サウジアラムコ」と岩谷産業提携へ、脱原油依存を目指し、原油から分離した水素の液化、運搬で、岩谷産業が技術供与**

**日経 2018.1.19 燃料電池、コスト半減、トヨタ、20 年以降に新型車**

トヨタは FCV の次期モデルを 2020 年以降に発売する方針を決めた。製造コストを現行の半分以下に下げ、販売価格を抑える。

**日経 2018.1.26 燃料電池車、2040 年の普及目標 300 万～600 万台に、NEDO 航続距離 1000 キロ**

**日経 2017.12.12 水素スタンド 11 社連合、トヨタや日産が新会社、2022.3 までに国内 80 か所**

**日経 2017.8.10 燃料電池車の導入、セブン・トヨタ合意、店舗への配送に活用**

セブンイレブンジャパンとトヨタは 9 日、燃料電池車の導入で合意したと発表した。トヨタが専用車両を開発し、セブンがコンビニエンスストア店舗への商品の配送に活用する。2019 年をメドに共同で実証実験を始める。FCV の普及を促進し、二酸化炭素の排出削減につなげる。FCV はトヨタが日野自動車のトラックをベースに、セブンとの取り組みの専用車として開発・製造する。将来は商品として販売も検討する。導入台数や積載量、出力性能などの詳細は今後詰める。セブンは国内で約 2 万店のコンビニを展開。各地の配送センターから店舗に商品を運ぶトラックは約 5800 台ある。このうちハイブリッド車など環境配慮型の車両が 15% を占める。20 年までに 20% に伸ばす計画だ。

**日経 2017.3.11 家庭用燃料電池、海外を開拓、パナソニック欧州向け新機種、アイシン、ボッシュと連携**

家庭用燃料電池を手掛ける国内各社が海外市場を本格的に開拓する。パナソニックは欧州で新製品 2 機種を発売し、アイシン精機は EU の実証実験に参加。海外でも導入に補助金



を出す動きが出ているほか、温暖化対策の国際取組「パリ協定」が発効し環境保護意識が一段と高まっている。各社は培った技術力を生かし、欧州を皮切りに米国、韓国などにも売り込む。・・・

#### 日経 2017.3.4 水素エネ、低コストで、IHI、発電設備を実用化、千代田化工、燃料電池車に供給

IHIなどが相次いで水素エネルギーを低コストで活用するための技術開発に乗り出す。IHIは2020年ごろをメドに、常温で大量に運びやすいアンモニアを燃料に用いる水素発電設備を実用化する。千代田化工は燃料電池車に手軽に水素を供給できる装置を開発する。水素を低コストで活用できれば、普及に弾みができそうだ。

温暖化対策の新たな国際的枠組み「パリ協定」が昨秋発効し、二酸化炭素を排出しない水素への期待は高まっている。だが、日本では水素ステーションの設置費用はガソリンスタンドの4倍以上で全国に100か所弱しかない。燃料電池車の車両価格も700万円超と高く、電気自動車などに押され気味。現在は水素の体積を圧縮するためには、低温で液化する必要があるなどコストがかかっている。IHIはアンモニアをメタンガスに20%混ぜて直接燃焼し、二酸化炭素の排出量を20%削減できる発電設備を開発する。アンモニアは水素分子を含んで燃焼する上、常温で体積を圧縮でき、大量に運びやすい。一方、燃えにくいいためメタンガスとよく混ざるように関連装置を改良する。年内に約10億円を投じ、横浜市内の研究施設にガスタービンやアンモニアの多君区などの供給設備を設置。2018年度に実証実験を始める。千代田化工も水素を常温のまま大量に運び、手軽に燃料電池車に供給する装置を20年ごろをメドに開発する。水素とトルエンを結合させて常温で貯蔵・輸送できるメチルシクロヘイサン(MCH)という化合物を精製して、体積を500分の1にして、タンカーなどで運ぶ。水素ステーションで独自の技術により、MCHから水素を取り出す。装置の処理能力は1時間あたり30m<sup>3</sup>を想定。将来的には複数の装置を組み合わせ、1時間が当たり300m<sup>3</sup>まで能力を高める。燃料電池車は50m<sup>3</sup>で満タンになる。今夏に2億円～3億円をかけて実証装置を横浜市の研究所に設置する。川重は18年に液化水素を100トン程度積載可能な運搬船用タンクの建造を開始する。20年に運航を始め、オーストラリアからマイナス53℃まで冷やし液化した水素を輸送する計画。水素エネルギー産業を軌道に乗せるにはコスト削減が必須。海外で安く生産・輸送し、20年代半ばには水素の製造コストを現在の半分以下にすることが求められている。

#### 日経 2017.2.27 光合成の最初の反応、水分解の仕組み解明、岡大など

岡大の沈教授らは、植物が光合成する過程で水が分解されて酸素ができる仕組みを突き止めた。分解反応を促す触媒として働くたんぱく質に水分子が取り込まれる様子や反応が起きる詳しい場所が分かった。光合成における水分解反応の核心に近づく成果という。太陽光から水素等の燃料や有用物質を製造する人工光合成の実現につながるとみている。京大

と理研などとの成果。植物は光合成によって水と二酸化炭素から有機物を作る。水の分解は光合成で起きる複雑な化学反応の最初に当たる。水の分解を担うタンパク質に一瞬だけ光を当てて反応を途中で止めた。その状態で、X線レーザー施設「サクラ」で観察し、水を分解して酸素を発生する直前の状態の構造をとらえた。植物は効率よく水を分解する。その秘密が解明できれば、水素を低コストで製造できる。

#### **日経 2017.2.26 「水素社会」到来するか、法整備勧め土壌作りを、岩谷産業、野村**

二酸化炭素を排出しない究極のクリーンエネルギーとして期待される水素。普及を牽引するはずの FCV への関心は盛り上がり、インフラ整備も遅れがち。「水素社会」は本当に到来するのか。水素の国内シェア 7 割を握る岩谷産業の野村社長に聞いた。FCV に燃料の水素を供給する水素ステーションの整備が遅れています。「日本全体では 2016 年春までの目標は 100 か所だったが実際は 80 か所で、17 年春時点で 92 か所にとどまる。我々も立地条件などが合わず断念したケースもあり、16 年度の新設は 2 か所にとどまった。」「メーカーとして性能向上やコストダウンに努めるが、規制緩和や法整備も必要だ。ステーション建設に高価な材料を使わなければならない。給油所と併設する際に広い土地が必要になる点もネックだ。水素タンクを地下に置けば助かるが、法律が整っていない。」水素社会は本当に来ますが。「未来のエコカーとして FCV が電気自動車に押されている認識はない。大きな流れは順調だ。水素で動くフォークリフトやバスも現れ、車の種類が出そろってきた。我々のステーションは 17 年春時点で 22 か所。仙台から大分まで線がつながった。今後は線を太くして広げる作業だ：「20 年の東京五輪・パラリンピックが一つのターゲットだ。FCV が 4 万台は走るとの予測もあり、ステーションは 160 か所に増やすことが目標だ。インフラを整えば車の販売は伸びる。我々も年 10 か所のペースで建設する」「水素バスは東京五輪運営の要だ。我々も今年 3 月、東京・有明に大型バスが短時間で充填できるステーションを立ち上げる。水素の炎は無色透明だが、五輪の聖火にふさわしいようにオレンジ色になる水素燃料を開発した。水素発電設備も検討している」・・・

#### **日経 2017.1.20 「水素、投資活発に」推進団体発足で意欲、トヨタ会長**

トヨタ会長は「参加企業で投資総額の目標を打ち出せば、より多くの企業の関連投資を活発にできる」との意欲を語った。ダボス会議で取材に応じた。発足した「水素カウンスル」の狙いは。「仏エア・リキードから呼びかけがあり、結集した。発足したばかりなので具体的な活動は事務局で詰めていく。インフラ整備などで政府に働きかけ、啓蒙に取り組むことで合意している。」「参加企業は単独で水素の利用を広めることの難しさを理解している。当社もプレーヤーが多い方が良いので関連特許の公開に踏み切った。例えば企画や標準作りでは各社が自社の技術を優先したいかもしれないが、より大きな目標のために譲り合いが進むと思う」。トヨタは燃料電池車やハイブリッド車に加え、電気自動車の開発も進めています。「モーターやバッテリーなど技術面では共通要素が多い。HV で選考したのでゼロ

からの技術開発を始めなくても良いこともある」。トランプ大統領がメキシコでの工場建設を批判しました。「進出先の工場はその国の会社として持続させる姿勢だ。トランプ氏は米国の産業を強くし雇用を増やす意向で当社も方向性は同じ。米国工場の移転や閉鎖は一切考えていない。他の企業が米国の生産拠点を閉鎖してきたのをみて、トヨタもおなじとの誤解があったかもしれない」。

#### 日経 2017.1.18 トヨタ・BMW・シェルなど、車、水素利用へ 13 社連合、燃料電池車で新団体、研究・規格標準化を推進

トヨタ、ホンダ、ダイムラーなど世界の自動車やエネルギーなど大手 13 社は 17 日、燃料電池車（FCV）などで水素エネルギーの利用を促す新団体を発足した。各社の研究成果を共有し用途の多様化や利益確保の手法を探るほか、規格の標準化などを図る。FCV は EV に比べ普及が遅れており、業界の枠組みを超えた連携組織で巻き返しを狙う。

スイスのダボス会議で発表。新団体「水素カウンシル」には、川重、現代自動車、BMW、仏アルストム、英蘭ロイヤル・ダッチ・シェル、資源大手の英アングロ・アメリカンなども参画。トヨタと仏エア・リキードが共同議長を務める。トヨタの内山田会長は「他の企業も関心があれば加わってほしい」と述べ、新メンバーを歓迎する意向を示した。エア・リキードのブノワ・ポチエ CEO は「水素は宇宙で最も豊富な元素だ」と語り、用途を広げれば規模の利益も改善すると指摘した。新団体では水素関連の新技术を持つベンチャー企業への投資を活発にする手法を議論するほか、共同で水素エネルギーの利点を発信していく見通し。また、各国の政府当局にインフラとして重要な水素の供給拠点を増やすよう働きかける。水素を使う発電は、二酸化炭素を出さず、環境への負荷が低い次世代エネルギーとして注目されている。燃料電池車はトヨタが 2014 年に発売し、ホンダも 16 年に投入するなど開発が進んでいる。だが水素を供給する「水素ステーション」がまだ少ないことなどもあり、本格的な利用は広がっていない。このため利害が一致する大手企業が連携し、普及を促すための活動を強化することにした。

#### 日経 2016.12.6 二酸化炭素、直接メタンに、昭和シェル、人工光合成で、変換効率 3 倍

昭和シェル石油は 5 日、人工光合成で二酸化炭素からメタンなどを直接作る技術を開発したと発表した。太陽光から電気を作り、特殊な電極で水と二酸化炭素を反応させてメタンとエチレンを合成する。実用化のカギを握る変換効率はメタンが 0.61%、エチレンが 0.1% で従来技術に比べ、3 倍以上に高めた。人工光合成は植物が太陽光を利用し、水や二酸化炭素から成長に必要な炭水化物などを生み出す仕組みを人工的に作る技術。昭和シェルは光触媒と太陽電池を使って太陽光を電気に変換。さらに複数の金属触媒を使って電極に電気を流し、水と二酸化炭素からメタンとエチレンを合成する。17 年 3 月に京都府で開かれる国際学会で正式発表する。パナソニックなどが取り組む人工光合成では、メタンを生成する変換効率が 0.2% 程度にとどまる。昭和シェルは太陽光から電気をより効率的に作れるようにしたほか、二酸化炭素からメタンやエチレンを合成する金属触媒などを工夫し、変換

効率を高めた。この技術が実用化されれば、石油や化学工場で排出される二酸化炭素を削減でき、メタンなどの製品も作ることができる。

### 日経 2016.12.2 人工光合成、日本が先陣、温暖化対策の切り札、エネの効率生成課題

地球温暖化対策の新たな枠組み「パリ協定」が先月発効した。代表的な温暖化ガスの二酸化炭素を減らすだけでなく有効利用する技術として注目されているのが、「人工光合成」。日本がこれまで世界をリードしてきた研究分野の一つで、政府も温暖化やエネルギー問題の解決に向けた有望な技術として後押しする。……

人工光合成は、植物のメカニズムを模倣する。①太陽光（可視光）を使う②水を原料にする③光エネルギーを化学エネルギーに変え、炭水化物や水素、アンモニアなどのエネルギー物質を生成するという3つの要素を同時に備えるのが条件とされる。

実現すれば水素などのエネルギー源に加え、石油などの化石燃料を使わずともプラスチックなどの工業材料も作り出せる。二酸化炭素の排出を抑えるだけでなく、積極的に原料に使って減らすこともできる。地中に降り注ぐ太陽光のエネルギーは1時間分で全人類が1年間に消費するエネルギーに匹敵する。この1部を利用するだけでも、温暖化対策や省エネへの貢献は大きくなる。

ただ、もとの太陽光のエネルギーに比した生成物のエネルギーの割合を示すエネルギー変換効率は、植物の光合成では1%未満。同じ効率では、広大な土地を使わねばならず「人工光合成は10%程度を目指すべきだ」。

人工光合成の実現には様々な方法がある。新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）が開発を委託する「人工光合成化学プロセス技術開発組合」は、光を利用して化学反応を進める光触媒を使用し、水から水素を生成する。エネルギー変換効率は、2016年に3%に達した。組合には三菱化学や富士フィルム、三井化学などが参画。21年度までの10年間で総投資額は145億円を見込む。プロジェクトでは、まず光触媒と太陽光で水を分解し、水素と酸素を発生させる。さらに水素と二酸化炭素を原料にして、プラスチックや高機能部材の原料となるオレフィンを合成する。21年度に変換効率は10%を目指す。NEDOの服部は「日本のオレフィン生産量の20%を人工光合成に換えれば化学産業の二酸化炭素排出量の11%を減らせる」と試算する。

豊田中央研究所は半導体を使った人工光合成で、15年にエネルギー変換効率を4.6%まで高めた。半導体基板の片面に貴金属のイリジウムを使った触媒を、もう片面にルテニウムの触媒を張り付けた素子を開発。これを水に入れて二酸化炭素を吹き込みながら太陽光を当てると、高効率で化学原料のギ酸を合成できた。11年に初めて実現できた時の変換効率は0.04%だった。材料と構造を見直した素子を開発し、効率を大幅に高めた。パナソニックや東芝も同様に半導体を使った人工光合成の開発に取り組んでいる。大阪市大の天尾は二酸化炭素の排出が少ない燃料のエタノールに注目、マツダと共同で酵素を使った人工光合成に成功した。酢酸に酵素などを加えて光を当てたところ、2時間半で酢酸の約5%をエタノールに変換できた。変換効率は0.1%だった。「量産に向けてはエタノールの分離

なども課題だ」。人工光合成は、日本がリードしてきた。東京理科大の藤嶋は大学院生の時に水に浸した二酸化チタンに紫外線を当てると、水が水素と酸素に分解することを発見。1972年に「ホンダ・フジシマ効果」として発表したのがこの分野の研究が動き出す大きな契機となった。10年、根岸さんがノーベル賞受賞後、人工光合成について「温暖化やエネルギー問題の解決に大きな可能性を秘めた分野だ」と述べ、重要性を強調。政府も後押しを続けている。4月には、二酸化炭素の抜本的な排出削減に向けた「エネルギー・環境イノベーション戦略」で、有望な対策技術の一つに位置付けた。パリ協定は気温上昇を産業革命前から2度未満に抑えるという方針を掲げ、各国に二酸化炭素の大幅な排出削減を求めている。今世紀後半までに実現が求められている脱炭素社会に、人工光合成は大きく貢献する切り札になるかもしれない。

### 日経 2016.10.24 水素エネで地域を浮揚、輸入基地や製造設備、自治体競う、神戸、川崎・・・企業と連携す進む

次世代エネルギーの本命と言われる水素を巡り、地方自治体の動きが活発だ。水素には供給体制の構築など課題も多く、本格的な普及には時間がかかる。それでも知友温暖化防止の新たな国際的枠組み「パリ協定」は近く発効する見通しで、脱炭素化の動きは世界的に広がりそう。来るべき水素社会に向け地歩を固めようと、企業と連携した取り組みが各地で進んでいる。神戸市は2020年度稼働を目指し、神戸港にある人工島の私有地約1haを使い世界初の水素輸入基地を設ける計画を進めている。川重や岩谷などと連携し、年内にも岸壁などの整備を始める。国の支援を受け今年度だけで約7億円を投じる方針。オーストラリアで価格が安く低品質の褐炭から水素を製造し、液体に圧縮して船で輸入基地に運ぶ。火力発電所約1基分の需要があれば自然園るぎーよりも割安で発電できるという。神戸市はさらに水素を活用した地域産業の構造転換もにらむ。水素の貯蔵などには特殊な技術が必要となる。昨年秋にはバルブや圧力容器など水素に関連する中小企業の「水素クラスター勉強会」を設け、現在21社が参加。市は「地域の中小企業の技術を生かす道が広がる」と見込む。

水素の生産から家庭や事業者への供給までを想定した6つのプロジェクトを進めているのが川崎市だ。東京湾臨海部に進出している企業と実証実験を始めている。川崎市長は「水素社会の実現をリードし、世界屈指の水素タウンになる」と意気込む。このうち千代田化工建設とは水素サプライチェーンの構築を進めている。水素を含む原料化合物を海外から輸送。臨海部のプラントで水素を取り出し、市内各地に設ける水素ステーションから企業や家庭に供給し発電に利用する。昭和電工とは「水素地産地消モデル」として、アンモニアの製造設備を活用し市内で発生するプラスチックごみから水素を取り出す実験にも着手した。太陽光で発電した電力で水素を作って貯蔵し、燃料電池で電気や温水を供給する東芝の自立型水素エネルギー供給システムは、川崎港の市民交流施設「川崎マリエン」、横浜市横浜港流通センター、ハウステンボスで実証実験が始まった。今年度中にはJR東日本

が南武線の武蔵溝ノ口駅のホームに設置し駅の電力をまかなうほか、水素エネルギーの普及啓発に活用する。

山口県は「水素の先進県を目指している」。トクヤマ、東ソーなど化学大手が立地し、全国の水素発生量の1割を占めているほか、高純度の水素を作れる強みを生かそうとしている。同県の実験を切るのが周南市で、10月13日から全国初の燃料電池ゴミ収集車が走り始めた。11月からは無料でFCVのカーシェアリングを始める予定。同市はこれまでも市役所に飲料用の水素水サーバーを設置、地方卸売市場ではFCフォークリフトの実証実験を始めている。「水素の生産、輸送、活用までサプライチェーンを構築しているのは周南市だけ」と自負しており、次はFCバスを走らせる計画。山口県や下関市も公用車にFCVを導入するなど利用の機運は盛り上がっているが、県内の登録はまだ十数台。中国地方にある水素ステーションは岩谷産業が設けた周南市の1つだけ。原油安やハイブリッド車の普及・進化もあり、水素の普及は国や県の補助金頼みという構造から抜け出せない。それでも「水素は県が持つ将来有望な試算」。人口減少と経済縮小に悩む地域にとっては経済浮揚の頼みの綱になっている。

安倍首相が福島県を水素の一大供給拠点とする考えを表明したことを受けて発足した官民による会議は9月、再生可能エネルギーを使った世界最大級の水素工場を建設することや、蓄電池などを活用したスマートコミュニティ構築を柱とした構想をまとめた。9月末には事業主体も決定。東芝、東北電力、岩谷産業の3社が、世界最大級の水素工場を建て、FCV]1万台分の燃料に相当する年900トンの水素を製造する。建設地は17年9月までに決める。国主導のこの事業以外にも県は震災直後から独自に再生可能エネルギー導入や水素社会実現に取り組んでおり、2040年をメドに県内で使う全てのエネルギーを再生可能エネルギーで賄う目標を設定している。

**日経 2016.9.27 水素先進県・山口へ加速、中小に技術支援、燃料電池車導入、円高や原油下落・・・コスト課題**

**日経 2016.9.14 再生エネで水素製造、独シーメンス、日本でも実証へ**

**日経 2016.9.29 水素工場、世界最大級、東芝・東北電力、岩谷産業、20年メド可動、福島に建設**

**読売 2016.6.19 水素発見から250年、究極エネルギーへ期待**

**日経 2016.6.15 日産、バイオ燃料電池開発、EV併用、走行距離3倍、先ず商用バン、20年メド発売**

**日経 2016.6.14 燃料電池車、来年発売へ、ダイムラー、環境技術に8400億円**

**日経 2016.5.31 水素社会タンクで開拓、中国工業、軽量化に挑む、事業拡大へ宇宙も視野**

**日経 2016.5.2 街の電力、水素で発電、大林組・川重、二酸化炭素2割減まず18年神戸で**

**日経 2016.4.13 燃料電池、光熱費2割減、施設向け、流通など照準**

**2015.3.15 日経 新国立で水素エネ活用、東京五輪の競技場、新技術を発信**

非常時には、水素燃料で電源を確保する「世界最大のシェルター」として機能し、周辺地

域への乗り換えは燃料電池車に限定する案。

### **2015.3.11 日経 水素スタンド審査迅速に、燃料電池車普及促す、経産省、1 カ月から半月に短縮**

安全審査を緩和。国が認めたメーカーは、従来は約 1 カ月だった都道府県による審査期間を半月に縮める。低コストの小型スタンドの設置も促し、2015 年度中に 100 か所の整備を目指す。4 月以降に高圧ガス保安法の制度を改正してメーカーを認定する。まず、小型の水素スタンドの設置を促す（1 億円前後）。小型には安全基準がないのがネックとなっており、経産省は 15 年度中に基準を作る。ホンダと岩谷産業は太陽光発電などで水を電気分解して水素を取り出す小型スタンドを開発済み。

### **2015.2.22 日経 革新力、水と空気で 1 兆円稼ぐ**

西のつくばと呼ばれるけいはんな学研都市、パナソニックの「先端研究本部」で日本のエネルギー戦略を変えるかもしれない技術が芽生えつつある。窒化カリウムを触媒にしてエネルギー変換効率 0.3%に、植物は一般に 0.2%。採算ラインは 10%。そうなれば、アルコールや水素が効率よく取れ、会社も儲かる。パナソニックは、昨秋、研究開発部門を大幅に見直し。本社研究部門 1300 人の技術者のうち、「電気」に関連した 600 人を事業部に移し、残る 700 人は人工光合成や水処理、燃料電池、熱発電チューブなど「化学」の領域に近い。2020 年ごろに実証実験。その時点でも何千台も走らせるほど、水素やアルコールは取れない。10 年、20 年かかっても本格的な装置を作る。地球上では毎年、100 億トン単位で二酸化炭素が排出。30 年に水と空気と水素で 1 兆円稼ぐ。

### **2015.2.15 日経 下水汚泥から水素製造**

三菱化工機は全国で初めて汚泥を原料とする水素スタンドを福岡市で 3 月に開設する。メタウォーターは燃料電池による発電能力を 8 割増やす。国内の下水処理場の余剰エネルギーを使えば、FCV260 万台分の水素を作れるとされる。都市に埋もれた「資源」の有効利用が進みそうだ。汚泥の発酵で発生したバイオガスを改質し、1 日に FCV60 台分、3300 m<sup>3</sup>の水素を製造する。製造単価は 1 m<sup>3</sup>あたり、80 円程度ど、ハイブリット者（HV）と遜色ない価格設定が可能。東京瓦斯と三菱日立パワーシステムズは横浜市と組み、汚泥から水素や電気などのエネルギーをつくる研究組織を月内に設置する。全国に汚泥発酵でバイオガスをつくる下水処理場は全国に約 300 か所ある。約 3 割に当たる 8500 万 m<sup>3</sup>が利用されずに空気中に放出している。未利用ガスを水素に換算すると、約 260 万台の FCV をフル充電できる。

### **2015.1.27 日経 水素値下げへ量産技術、千代田化工や川重、20 年メド、燃料電池車 HV 並みコストに**

千代田化工は天然ガスから水素を取り出す技術の開発を始めた。川重は低品位の石炭から水素を取り出すプラントの実用化で J パワーと協業。2020 年を目処に実用化を目指す。水素スタンドの整備とともに、水素を安価に量産する技術を確立し、FCV の普及を後押しする。

#### **2015.1.16 日経 東芝、水素を使い電力貯蔵、長期・大量保管しやすく、再生エネ事業者など向け**

東芝は水素を使い電力を大量貯蔵するシステムを 2020 年にも実用化。水素を使う電気の貯蔵は既存の蓄電池に比べて長期間、大量保存しやすい。設置・運用費を半減できるし、再生可能エネルギーの発電事業者や自治体などによって蓄電方式が広がりそうだ。エネルギー変換効率は 8 割に達する。揚水発電の 7 割を上回る。

#### **2015.1.7 読売 トヨタ異例の無償提供、燃料電池車特許、普及へ他社参入促す**

世界で保有する特許約 5680 件を全て無償提供する。無償提供の期限は、20 年までの予定。水素ステーション関係は無期限。

#### **2014.12.26 日経 水素スタンド、導入費半減、大陽日酸、移動式で GS 並み**

2016～17 年を目処にガソリンスタンドに近い 1 億円台に引き下げる。25 年までに 300 台程度をスタンド運営業者に供給。

#### **2014.12.22 日経 JX,全国で水素供給、2000 スタンドに導入、低コストで生産・輸送**

JX 日鉱日石エネルギーは燃料電池車 (FCV) の燃料となる水素を全国に供給する体制を整える。2020 年をめどに国内 10 拠点で水素を生産し、より低コストで運ぶ技術も確立する。販売面では幹線道路沿いにある主要な約 2000 店を対象に順次水素スタンドを導入する。全国規模の供給体制が整うことで、課題とされる地方での水素スタンドの新設に弾みが付きそうだ。

JX は 12 月下旬に第 1 号の水素スタンドを海老名市の給油所内に開く。首都圏を中心に 15 年度末までに 40 か所を整備する計画。今後、FCV の普及動向をにらみながら水素の貯蔵タンクや充填機などが設置可能な約 2 千店を対象に順次、水素スタンドの併設を進めていく。製造・輸送では新技術の導入でコストを現行の半分以下に抑える。18 年度をめどに低コストで水素を製造する技術を開発する。国内の全 7 製油所を含む 10 拠点に順次導入し、北海道から九州まで全国に供給できるようにする。

現在、水素は石油や天然ガスなどから取り出すほか、鉄鋼や化学品の製造過程で出る排ガスの中に多く含まれる。排ガスからは触媒などを使って不純物を分離し、水素を取り出している。新技術では特殊な膜で不純物を効率的に取り除き、水素の回収率を現行の約 7 割から 9 割近くに高める。水素を液体で運ぶ新技術も実用化する。高圧で圧縮し、ガス状で



運ぶ現行方式に比べタンクローリー1台あたり2.5倍の量を運べる。液状にするとガソリンや軽油を運ぶ既存のタンクローリーや内航船を活用できるため、輸送のための投資も減らせる。燃料を供給する水素スタンドはJXエネのほかに岩谷産業なども設置を進めている。現状では100か所程度が建設・計画されている。兵庫県尼崎市と北九州市に水素スタンドを設けている岩谷産業は水素1キログラム当たり100円で販売。1キロメートル走るのに10円かかる。計算で、高級セダンベースのハイブリッド車とほぼ同等になる。このため、政府は水素スタンドの規制緩和で設置費用を20年をめどに半減させる方針を打ち出し、FCVの普及を後押しする。

#### **2014.12.19 日経 「自由化」航海、東ガスに荒波、水素スタンド、新収益源に、首都圏草刈り場、強敵続々**

2~3年後に迫った電力・ガス小売りの全面自由化をにらみ、東京瓦斯が収益力の再構築を進めている。16日には関東地方で初となる水素ステーションを開設。電気販売では2020年に首都圏需要の1割を担うと宣言する。ただ、有望市場である首都圏にライバル社が殺到するのは必至で、自由化は東京瓦斯にとっても荒波となる。矢継ぎ早の戦略は強い危機感の表れだ。

「水素社会の実現に大きな期待と関心を持っている」。東京瓦斯の求仁副社長は18日、一般向け水素ステーションの開所式で力説。

#### **2014.12.16 日経「ミライ」販促 静かな出足**

「トヨタ燃料電池車、少量生産、納車、1~2年待ちも」

トヨタ自動車は15日、燃料電池車(FCV)「MIRAI(ミライ)」を発売した。当初は年産台数が限られるため販売店に実車はなく、納車まで1~2年待ちと案内する店もある。世界初の市販車として注目を集めるが、燃料の水素を補給する水素ステーションの整備などの課題も多く、「究極のエコカー」といわれるFCVの商戦は静かに幕を開けた。

トヨタは今月から年間700台の予定で生産を始めた。2015年末までの国内の販売目標は約400台だが、企業や官公庁の注文が予想以上に多く、販売店によると受注台数は約1千台にのぼる。トヨタは15年末に増産することを決めたが、納車されてもガソリン車と同じ感覚で乗り回れるわけではない。商用の水素ステーションは兵庫県尼崎市と福岡県北九州市の2か所、補助金で整備が決まっているステーションは43か所。約3万5千のガソリンスタンドと比べ、脆弱。ミライの価格は723万6千円。

#### **2014.12.10 日経 「水素スタンド設置費半減」燃料電池車 普及へ規制緩和、セブン、コンビニ併設20店**

政府は燃料を供給する水素ステーションの規制緩和に乗り出す。建築基準や保安規制の緩和で設置コストを半減する。エネルギー各社などの設置計画を後押しし、2015年度中に全

国 100 か所の整備を目指す。セブンイレブンも来年度から水素ステーションを併設したコンビニを出す。高圧ガス保安法や建築基準法の関連 12 省令を 14~15 年度中に見直す。タンクに貯められる水素を増やせるように、水素の圧縮率を高め、現在は燃料電池車 7 台分しかためられない 1 か所あたりの水素の貯蔵量の上限もなくす。より多くの客を受け入れられ、採算がとりやすくなる。水素をタンクに貯める際に圧力をかける圧縮器の保安検査も簡素化する。安全を考慮し水素の充填機と公道との距離は現在 8 メートル以上が原則だが 4 メートル以上にする案が有力。太陽光発電で発電した電力を使い、その場で水から水素を生成して充填する簡易版ステーションの建設も許可する。水素ステーションの建設費は 1 か所あたり 4 億~5 億円と、欧米の 2 倍の水準だが、規制緩和によって 20 年ごろに半減を目指す。一般のガソリンスタンドの建設費 (1 億円) の 2 倍程度で済むようにする。規制緩和は水素ステーション建設を加速させそうだ。セブンイレブンは岩谷産業と組み、水素ステーションを併設したコンビニを出店する。まず、15 年秋にも東京都と愛知県の 2 か所で新規開業し、17 年度までに 20 店に広げる。水素ステーションの設置費用は岩谷産業が負担し、同社が運営する。コンビニは 24 時間営業し、水素ステーションは平日の日中に営業する。岩谷産業はセブンの持つ不動産情報や店舗開発ノウハウを活用して立地条件の良い土地を効率よく探す。交通量の多い郊外の幹線道路沿いを中心に出店する予定だ。JX エネルギーは 15 年度末までに全国 40 か所、岩谷産業は 20 か所の設置を計画しているが、公道から 8 メートル離すなどの規制を満たす土地を探すのは難しい。「特に都市部で用地選定が難航している」(JX) という。建設条件の緩和でコストを抑制し適地を見つけやすくなり、計画を前倒しで達成できる可能性がある。燃料電池車はトヨタが 15 日にミライを発売し、15 年度中にはホンダも商品化する予定。普及には水素インフラの整備が欠かせないため、経済産業省は規制緩和に加えて来年度予算で建設費の 3 分の 2 程度を補助する予算 110 億円を要求している。

FCV=Fuel Cell Vehicle ミライの場合、満タンで約 650 キロ走行。補給時間は 3 分で料金は 5100 円程度。

HV=Hybrid Vehicle ハイブリッド車 ガソリンで動くエンジンの t 電気で動くモーターを、走行状況によって自動的に使い分けることで、燃費の良い走りをする。

PHV=Plug-in Hybrid Vehicle 家庭用コンセントで充電、普段は EV として走行、長距離や電欠時はハイブリッドとして走行

EV=Electric Vehicle 電気自動車 家庭用コンセントで約 8 時間充電。1 回の充電で 200 キロ程度走行。充電スタンドで急速充電も可能。

#### **2014.12.6 日経 「燃料電池車、増産へ 200 億円、トヨタ、国内 2 工場に、生産能力 3 倍、VW は 20 年にも投入」**

トヨタは FCV ミライの年産能力を 2015 年度末に現在の 3 倍に引き上げる。国内 2 工場に 200 億円程度投資する。国内の引き合いが強いほか、米国などへの輸出に充てるため、増産

体制を早期に整える。VW も 20 年にも日米欧で投入する。世界 2 強の増産や参入で FCV の普及期が早まりそうだ。

#### **2014.11.30 日経 水素革命 これだけ日本有利（編集委員 西條郁夫）**

この分野技術競争や市場競争で、日本はかなり有利な位置にいる。その理由は、1 つは強力なメーカーの存在。トヨタに続いて、ホンダや日産自動車も FCV を投入する。この 3 社はトヨタ—独 BMW、ホンダ—米ゼネラル・モーターズ、日産—米フォード・モーターズ—独ダイムラーというそれぞれの提携関係をけん引する立場にあり、世界の FCV 技術は日本が先導しているといっても言い過ぎではない。週刊ダイヤモンド 10 月 25 日号で、日本の燃料電池の特許出願件数は 6 万 5 千件余り、米国 (3 万件)、中国 (1 万 5 千件)、ドイツ (1 万 2 千件) に大きく水をあけている。こんな数字にも、日本の技術の厚みが表れている。2 つ目の強みは、水素の供給インフラが整備しやすい環境にあることだ。FCV や定置型の燃料電池が本格的に普及すれば、水素の自給が難しくなり、いずれ海外から輸入する必要が生じる。そのときはおそらく液化水素の形で船で運び、液体のまま港や水素ステーションに保存し、最後に車などに充填するとき気化する仕組みになるだろう。実はこの仕組みは液化天然ガス (LNG) と全く同じ。産地でガスを液化し、巨大な魔法瓶である LNG 船に詰め込んで日本まで運び、液体のまま各地のガス供給設備に配備し、最後に家庭などに届ける段階でガス化する。水素ステーションの整備に力を入れる岩谷産業の上羽副社長は「日本はガスの経験を通じて「液化された気体」の取り扱いに慣れており、LNG の陸揚げ基地の整備や高圧ガスタンクローリーの開発普及など知見も豊富。これは水素社会を実現するうえで、一つの強みになる」という。ちなみに、欧米ではガスは気体のままパイプラインで運んで来ればいいので、LNG の利用は日本ほど進んでいない。水素インフラのいち早い整備は、FCV の普及や水素関連のイノベーションを促す強力な武器になる。3 つめはやや皮肉な話だが、再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度 (FIT) の失敗も水素社会の到来を早めるかもしれない。電力会社が受け入れ不可能なほどの太陽光発電が各地で稼働すれば、何が起こるのだろうか。せつかく作った電気でも、それを電力会社の系統に流し込めば需給の不一致で大混乱が起きる恐れのある時は、残念ながら捨てるしかない。だが、「水素社会が来れば事態は変わる。余った電気水を電気分解して水素を作っておけば、エネルギーの「貯蔵」が可能になる。それを FCV のドライバーに売れば、捨てるしかなかった電気に値が付くようになる。FIT の見直しは必至だが、それでも再生エネの普及を進めたい人は、目標を水素社会の実現に切り替えてはどうか。FIT ほどはもうからないかもしれないが、太陽光発電からつくった水素は二酸化炭素フリーであり、地球環境問題の解決に寄与できる。

#### **2014.11.21 日経 人工光合成で世界最高、東芝、効率 1.5%、20 年めど実用化**

東芝は太陽光と二酸化炭素などから燃料を作る次世代技術「人工光合成」で、世界最高の

交換効率を達成する材料を開発した。変換効率は 1.5% で、実用化に一步近づいた。火力発電所などが大量に排出する二酸化炭素をそのまま利用して、工場や自動車などの燃料が生産できる。同社は 2020 年をめどに実用化を目指す。光合成は太陽光で水から酸素を作ったうえ、二酸化炭素から糖などのエネルギーを得る植物の働き。東芝が開発した技術は、半導体と金の触媒を組み合わせた。半導体に太陽光を当てて水から酸素と水素イオンを作り、触媒で二酸化炭素と水素イオンから一酸化炭素を得る。一酸化炭素を処理すればメタノールなどの燃料が作れるという。太陽光エネルギーを燃料エネルギーに変換する効率は 1.5% で植物の藻類に匹敵する。これまではパナソニックの電子材料が 0.3% で最高だった。実用化には 10% の変換効率が必要だが、東芝は改良を進めれば実現できるという。長期間使っても効率を保つよう耐久性も克服する。

#### **2014.11.20 日経 水素液化設備を開発、川重、大量輸送しやすく**

川崎重工業は 19 日、水素を液化する設備を開発したと発表した。FCV の燃料などになる水素の体積を 800 分の 1 に縮小し、大量輸送しやすくする。2016 年度に商品化し、水素を製造する石油化学や液化天然ガスパラントなどに供給する。日本メーカーが開発するのは初めて。兵庫県播磨町の同社工場内に実験設備を設けた。1 日約 5 トンの水素を摂氏マイナス 253 度に冷やして液化できる。水素 5 トンは FCV1000 台分の燃料に相当する。同等の能力で商品化するが、販売価格は未定。水素の製造拠点で液化設備を使って液化水素にすれば、FCV に燃料を供給する水素ステーションまで専用のタンクローリーで大量輸送できる。川重は専用の大量運搬船も開発中で、将来は海外で安価に作った水素を液化し、国内に大量輸送することも目指している。

#### **2014.9.26 日経 水島コンビナート進化、岡山県や J X、水素供給拠点めざす**

#### **2014.9.15 日経「光合成、植物超す効率、パナソニック、車燃料など生成、実証実験に」**

パナソニックは太陽光と二酸化炭素、水を使ってメタンやエタノールといった燃料を作り出す次世代技術「人工光合成」で、世界最高の変換効率を実現する電子材料を開発した。

#### **2014.9.7 読売 2020 年東京五輪、水素活用、基本計画に、燃料電池車で選手送迎、水素燃料政府開発へ**

#### **2014.9.6 日経 燃料電池車、名は「ミライ」、トヨタ、年度内に市販、日本発技術、欧米に**

#### **2014.9.6 読売 トヨタ、110 キロで自動運転、ホンダと米で走行披露**

#### **2014.8.29 読売 動き出す燃料電池車、普及へ長期戦、五輪をショールームへ、ステーション数、水素価格、車体価格、3 つの課題**

#### **2014.8.29 日経 燃料電池車、水素補給施設、親切に重点、経産省、補助率上げ**

- 2014.8.26 日経 LPガスから水素生産、大阪ガスが装置、燃料電池車向け
- 2014.8.25 読売 余る再生エネで水素製造、燃料電池車に利用へ、環境省モデル事業
- 2014.8.20 日経 ホンダ、燃料電池車から電力、水素満タンで家庭6日分
- 2014.8.20 日経 都市ガス、天然ガス車の挫折、燃料電池車、乗り切れぬわけ、パイプライン、普及の鍵
- 2014.8.3 日経 水素タンク大容量に、川重、開発へ、燃料電池車5万台分
- 2014.7.29 日経 水素半値へ開発アクセル、燃料電池車用「ガソリンより安く」岩谷は圧縮機ない供給装置、千代田化工は低コストの常温輸送
- 2014.7.19 日経 燃料電池車「200万円補助」首相、普及へ支援表明
- 2014.7.15 日経 燃料電池車の水素充填装置、岩谷と国内生産、独リンデ
- 2014.7.11 日経 燃料電池車、トヨタ年度内に発売、水素の値段、普及への鍵、20年、ハイブリッド並み
- 2014.7.6 日経 水素ステーション100か所、JX、燃料電池車向け、政府、補助金で普及後押し、18年度めど
- 2014.7.3 日経 燃料電池車、医療、介護ロボ、日EU、規格を統一、コスト減期待
- 2014.6.26 読売 燃料電池車、主導権狙う、年度内発売へ、トヨタ、補給・価格が課題
- 2014.6.26 日経 燃料電池車、初の市販、トヨタ、日本で年度内、700万円、補助金で負担減も
- 2014.6.19 日経 燃料電池車に購入補助金、政府検討、1台200~300万円
- 政府は19日、水素を燃料とする車や家庭用電池の普及に向けた工程表を策定。2015年の燃料電池車の本格市販をにのみ購入時の補助金を導入。500万~1千万円とみられる販売価格に対し、1台あたり200万~300万円の補助金を出す検討に入った。30年代には水素を活用した発電所の実用化をめざす。地球温暖化ガスを排出しない水素を新しいエネルギー源と位置づけ、関連産業の拡大を急ぐ。
- 政府は、25年までにハイブリッド車並みの1台200万円台まで引き下げたい考え。量産によるコスト削減。販売先行の家庭用燃料電池は、15年度まで40万円前後の購入補助金を続行。輸出による販売増も見込み、20年に現行価格の半分の70万~80万円、30年には3分の1の50万~60万円まで下げることが目標とする。
- 2014.5.24 日経 トヨタが水素インフラ、日米で展開、燃料電池車を普及
- 2015年にトレーラーに水素タンクを積んだ移動型ステーションをまず5基、自前で用意。
- 2014.5.20 日経 パナソニック、低コストで人工光合成、農薬の原料製造
- 2014.5.8 読売 水素の街へ、自治体が動く、福岡や周南市、ステーション誘致や補助や税優遇

「水素社会」が現実味を帯び始める中、関連産業を誘致・育成し、水素ビジネスで地域活性化を図るのが狙い。

#### **2014.4.17 読売 燃料電池車、五輪が契機、JX 日鉱日石エネルギー社長 一色誠一氏**

この会社は、「水素ステーション」の建設を進めている。2015年までに都市部などで40カ所の整備を目指している。ここの強みは、水素を供給するネットワークと水素を作る装置を持っていること。石油から硫黄を取り除くために水素が必要なので、もともと各製油所で水素の製造装置を持っている。ネットワークは約1万1000カ所のガソリンスタンド、自動車にガソリン、電気、水素を供給する「総合エネルギーステーション」にしていく。コストダウンには水素をためておく容器を安い素材にする、割安な欧州製品の輸入、常温で水素を運べる技術開発も進む。ガソリンを運んでいる車両で水素を運ぶ。ビジネス化に大きく前進する。水素ステーションの位置づけは、燃料電池車の普及にかかる。今は、各社が協調の段階。これが、競争に変わるタイミングは2020年の東京五輪が一つのきっかけになる。循環バス、次世代の乗り物をアピールする最大のステージとなる。2030年ごろには、「水素社会」が到来する。

#### **2014.4.15 読売 「人工光合成」温暖化を防げ、日本、産官学で推進**

IPCC 第3部会は13日、地球温暖化の進行を抑えるには、今世紀末に「二酸化炭素」などの温室効果ガスの排出量をほぼゼロにする必要があるとした報告書を公表した。

日本では国家プロジェクトが進んでいる。首都大学東京の実験棟では、二酸化炭素を溶解させた触媒溶液入りの反応容器に、太陽光に見立てた光を照射する実験が行われている。「人工光合成」の研究。「実用化までに数十年かかるが、人類の存亡がかかった技術」。これは、太陽光を利用して、二酸化炭素と水から、プラスチックや合成樹脂など、化学製品の原料となる有機物を作り出すことを目指す。この技術が確立されると、二酸化炭素を減らせる。政府は2012年、産官学で研究を進める「人工光合成プロジェクト」をスタート。21年度までの10年間で150億円を投じる。

#### **2014. 4.9 日経 「周南に水素ステーション、岩谷産業が来春稼働、燃料電池車向け」**

岩谷産業は周南市に液化水素ステーションを開設する。同社とトクヤマは昨年、トクヤマの徳山製造所に液化水素工場を完成させた。同工場で生産した液化水素をステーションに運び、再び気体に戻して燃料電池車の燃料として供給する。2015年春に運用開始。

#### **2014.3.28 日経 電気自動車、距離3割増、電池の耐熱性高める、ダイキンなど、冷却装置不要に**

#### **2014.3.27 光合成担うタンパク質、京大と茨城大学が構造解明**

光合成の仕組みが分かれば、人工光合成の研究に生かせる。

**2014.2.28 日経** 水素貯蔵の特許競争力、トヨタやホンダ上位、世界ランク、燃料電池車に応用

**2014.2.27 日経** 再生エネ国際見本市が開幕、水素ステーションに注目、GE、日本再参入を正式発表

**2014.2.23 日経** 燃料電池車、命運を握るのは、普及の近道は水素ユーザー拡大、発電設備の量産に期待、車だけではコスト重く、車革命、電気が後押し

**2014.2.20 日経** ガス発電、環境・効率両立、川重、燃料の水素含有率高める

川重は、2015年度から、燃料の6割まで水素を投入できるガス発電設備を販売。水素をガス発電の燃料に使うと大気汚染につながるガスを多く出す。独自の燃焼方式を採用。天然ガスのみを燃料に使う場合と大気汚染ガスの発生量を同等に抑える。工場の自家発電などに売り込む。

**2014.2.16 日経** 「川崎重工業が水素発電設備、工場向け、世界初の量産、17年メド」

川崎重工業は2017年をメドに、水素を燃料とする火力発電設備を開発、世界に先駆けて販売する。水素は燃やしても二酸化炭素を排出しないほか、長期的に発電コストが天然ガス並みに下がるとされる。川重は工場など自家発電に使う中小設備を日本の他、温暖化ガスの削減を急ぐ欧州などで売り込む。三菱重工業など発電設備世界大手も開発を急いでおり、水素発電は新たな電源として20年以降に普及しそうだ。川重は火力発電の中核設備であるガスタービンの大手。水素燃料を100%使うタービンを世界で初めて実用化する。標準家庭で2000世帯分を賄える出力7000キロワット級など中小型機を明石工場で量産する計画。価格は未定だが、従来の設備と比べ1~2割程度高い水準に設定する見通し。水素はガスに比べて熱量が大きいために100%燃料として使う場合、タービン内の燃焼温度が非常に高くなり故障の原因となる。川重は専用の冷却装置を取り付け、タービン内部の設計も改良し耐久性を高めた。水素発電は燃料のコストの高さと安定調達が課題であった。ただ、トヨタ自動車などが水素を燃料とする量販タイプの燃料電池車を相次ぎ投入、20年以降に先進国で普及する見通し。水素が大量生産されることで、燃料価格が現在の3分の1程度に下がり、発電コストも石炭やガスを使う火力発電に対抗できる可能性がある。

**2014.1.27 読売** 「燃料電池車、量産へ、EVと競争激しく、トヨタ年1000台体制、12月に」

究極のエコカーと呼ばれる燃料電池車の本格的生産がいよいよ始まる。トヨタ自動車は、今夏に世界で初めて量産体制に入る。電気自動車（EV）との激しい競争も見込まれ、次世代エコカーを巡るメーカー間の競争は激しくなりそうだ。トヨタの本社工場では6日、燃料電池の生産ラインが動き始めた。部品にほこりなどが混入すると発電能力

を損なうため、生産ラインは巨大なクリーンルームの中に設置した。生産現場では半導体工場に並ぶ徹底した管理が求められる。トヨタは当面、燃料電池車を 1 日 1 台のペースで生産する。生産効率を見極めながら今夏に試作車の量産体制を本格的に開始し、12 月には年間 1000 台の生産体制を築く計画。燃料電池車の本格的な量産は、世界初で「トヨタの燃料電池車にかける本気度を示す」。燃料電池車の普及には、燃料電池システムの小型・軽量化と、コスト削減が壁になっていた。10 年前に 1 台 1 億円とされた価格は、技術開発によって 1000 万円を下回る水準に下がった。ただ、燃料電池は不良品が発生しやすいとされており、今夏の量産化までの改善が課題となる。ホンダも、燃料電池車を 2015 年に一般向けに発売する予定。20 年を目標に、より安価で小型の燃料電池を開発するため、米 GM との共同開発を進めており、トヨタに対抗する考え。

日産自動車も独ダイムラー、米フォードと円了電池の共同開発を進めているが、次世代エコカーの軸足は EV に置いている。日産の「リーフ」は、1 月に累計販売台数が 10 万台に達した。1 回の充電で走れる距離が短いので、走行中に電池が切れる懸念などから日産が当初想定した販売ペースを下回っているが、世界で最も売れている EV の座を維持している。EV を巡っては、独 BMW が今春「i3」、独フォルクスワーゲンが年内に EV 「e-ゴルフ」を相次いで日本市場に投入し、日産を追撃する。

燃料電池車と EV の普及には、燃料の水素や電気を補充するスタンドなどの整備が前提となる。政府は燃料電池車と EV の両にらみで普及を目指す構えで、設備を作る商業施設などへの支援を継続する。現在進めている EV 向けの充電機器や工事費への一部補助に加え、燃料電池車に水素を供給する「水素ステーション」を 15 年度中に全国 100 か所に整備する計画。EV 向けの充電設備も全 5000 か所以上に増えたが、マンションの駐車場などでの設置は進んでいない。最初から作る必要がある水素ステーションは「整備に間がかかる（カルロス・ゴーン）との声もある。ガソリンスタンド並みのネットワークを全国に張り巡らすのは容易ではない。水素ステーションや充電設備の整備がどこまで進むかも、自動車メーカーのエコカー戦略の成否を左右する。

#### 2014.1.15 日経「水素価格、ガソリン並みに、JX、燃料電池車後押し、20 年メド、低コストの供給網」

JX ホールディングは燃料電池車向けに低コストの水素供給に乗り出す。水素を安全で大量に輸送できる技術を開発。2020 年をメドに新技術を使った供給網を整備する。供給コストを 3 割程度削減、ガソリン並みに利用できる価格実現を目指す。石油元売り最大手の同社が水素の低価格化に動くことで、燃料電池車の普及に弾みがつきそうだ。

二酸化炭素を出さない燃料電池車はエコカーの本命とされ、トヨタ自動車やホンダが 15 年から量産、販売する。政府も 15 年度までにガソリンスタンドに相当する水素ステーションを国内 100 か所に整備する計画。ただ、同じ走行距離に換算した価格がガソ



リンの2倍以上とされるコストの高さと、1か所当り3億～5億円かかる水素ステーションの建設費の高さが普及の課題になっていた。

グループの中核のJX日鉱日石エネルギーが製油所で自社生産している水素をトルエンに溶かして液体化、常温・常圧の状態ですトレーラーで水素ステーションに運ぶ技術を開発した。車に充填する時点で、独自開発した触媒を使って気体に戻す。現在は気体の水素を高圧で圧縮して専用トレーラーで輸送、貯蔵している。液化すれば高強度の炭素繊維製ボンベや爆発を防ぐ設備なども不要になり、ガソリン用のトレーラーやタンクを転用できる。ステーション建設費は2億円で現行よりほぼ半減する。液化で体積を小さくして輸送量も2倍に増やせる。現状の水素の生産・流通コストは1立方メートル当たり、145円。今回開発した低コストの水素供給体制が整うと、燃料電池車の普及の目安とされる同**100円以下が実現**する。ステーション整備などで水素の生産量を増やすことでさらにコストを引き下げ、同じ走行距離でガソリン並みとなる同約60円に近づける計画。JXは国内の約3分の1に相当する1万1100店の系列ガソリンスタンドを持つ。すでに神奈川県海老名市など5か所に水素ステーションを開設。15年度までに40か所に増やす計画。この段階では従来技術を使うが、燃料電池車が普及期に入るとみられる20年から液体輸送を実用化。一気に供給網を広げる方針。燃料電池車は1回の燃料充てんで走れる航続距離はガソリン車並みだが15年時点の車両価格は500万円前後の見込み。水素供給量が増え価格が下がれば車両の需要が増え車両価格の一段の引き下げにつながる好循環が期待できる。トルエンで水素を液化する技術は千代田化工建設も開発を進めており、関連インフラの技術開発でも日本勢が世界をリードしている。

**2014.1.10 読売 中国市場「環境」が鍵、エコカー拡大見込み**

**2013.12.22 日経 新型電池、実用化にめど、東工大など携帯電話、長持ち**

**2013.12.15 読売「水素社会」動き加速、燃料電池車や発電、開発着々、先進地、福岡、実証実験や設備**

天然ガスなどから取り出せる水素を、エネルギーとして利用する動きを加速し始めている。九州では、全国に先駆け、福岡県などが水素の利用・普及を図る実証実験を重ねており、地場企業への波及も期待されている。

「20世紀は石油の世紀、21世紀は水素の時代になる」福岡で2日に行われた「水素社会実現のシンポジウム」。詰めかけた地場企業や自治体関係者ら約200人を前に、……。LPガス大手の岩谷産業は、福岡市などにあるFCV用の水素供給拠点・水素ステーションの実証運用状況や、山口県周南市に設けた液化水素製造工場などを紹介。千代田化工建設の岡田は「エネルギー資源の乏しい日本が20年後、水素メジャーと呼ばれる将来を思い描いている」と夢を語った。

## 2013.11.18 日経 水素燃料 実用化へ前進、輸送・保管の技術確立

燃やしても二酸化炭素を排出しない水素は、枯渇しない夢のエネルギー源。大規模な貯蔵や運搬の技術がないのが課題だったが、千代田化工建設はこの技術を世界に先駆けて開発した。川崎市内では世界初となる水素基地の建設計画も進めており、水素社会の到来が現実味を帯びてきた。

### 液体から抽出

無色透明な液体、一見普通の水と変わらない、メチルシクロヘキサンは「修正液にも使われている溶剤」。この液体から水素を取り出せば、体積で約 500 倍になる。水素は、酸素と反応させて電気や熱を作ったり、天然ガスに混ぜて燃やすことができる。ただ体積がかさばるので運搬するには容積を小さくしなくてはならない。このため、水素をトルエンと化学反応させて液体にするのだが、この技術は既に確立されていた。だが、逆に、液体から水素を取り出す技術がなかったため商用化できなかった。

同社は 2002 年からその技術開発に着手。10 年には、酸化アルミニウムの上に微細な白金の粒子を分散させた触媒を使って、液体から再び水素を取り出す技術を開発した。水素の保管は、マイナス 253℃の極低温で液化したり、高圧でボンベに詰めたりするのが一般的だ。新技術を使えば化学反応させた液体を常温・常圧で保管できる。「難しい管理は必要なく、既存のタンカーや石油タンクも転用できる。水素はエネルギーの世界地図を変える可能性を秘めている」。

### エネルギー自給国に

同社は、3 段階で水素生産の戦略を練っている。第 1 段階は、中東や東南アジアなどの天然ガス産出国で水素を作り、これをトルエンと化学反応させて液体にし、タンカーで日本に運ぶ。水素を作る過程で発生した二酸化炭素は、地中深いガス田に貯留し、大気への排出を防ぐ。こうした国々と商談を進めるには、液体にしてそこから水素を取り出す技術を見せる必要がある。同社の敷地には、鉄骨や配管に囲まれた 3 階建てのビルくらいの実証プラントが設置されている。今年 4 月から運転を続け、既に十数か国の政府関係者らが視察に訪れたという。

第 2 段階は 20 年ごろの開始を目指し、再生可能エネルギーの電力で水を分離して水素を作る。この方法では、夜間に余る風力発電の電力などを活用でき、再生エネルギーの不安定な発電で送電線に負担をかけることもない。石原環境相も 10 月 29 日の閣議後の記者会見で「洋上風力発電の余った電力を使って水素を作る実証実験を行う」と表明した。また、触媒で太陽光と水を反応させて水素を取り出す技術開発も進む。これが、第 3 段階で、海外では 40 年ごろの導入が見込まれる。将来的には、使用済み核燃料の処分が課題の原子力発電や発電コストが高い再生エネに頼らず、日本はエネルギーを自給できる。

### 温室効果ガスも削減

水素社会の足掛かりとして、同社は16年春を目標に、川崎市内に世界から水素を運び込む基地を建設する。周囲のコンビナートに水素を供給し、数万キロワット級の水素を混ぜた火力発電所も併設する。燃料電池車に水素を充填する「水素ステーション」への供給も視野に入れる。川崎市スマートシティ戦略室は「世界初の水素基地は郊外で知られた街のイメージを新しくできる」と期待する。水素は温室効果ガス削減にも貢献する。東日本大震災前に作られた現行の「エネルギー基本計画」では、二酸化炭素を排出しない原子力発電所の比率を約5割、再生エネを約2割まで高めることになっていた。原発分を水素で補えば、二酸化炭素削減を維持しつつ、十分にエネルギーを確保できる。発電コストは将来的に1kw時あたり12～13円を目指す。「発電コストは既に太陽光や石油火力よりも安く、天然ガスとほぼ同等になる。水素の普及は日本にとって最善の策になる」。

2013.10.27 日経 光合成はまねが難しい？タンパク質の機能解明に壁

2013.6.23 日経 安全基準に日本案、国連部会で各国合意へ燃料電池車、米欧など採用

2013.7.2 日経 ホンダ、GMと連携、環境技術、独自路線を転換、エコカー需要増にらむ

2013.7.3 読売 燃料電池車、低価格へ、ホンダ、GMと連携、量産化狙う

2013.7.3 読売 燃料電池車、ホンダ普及加速狙う、GMと提携、3陣営で開発競争

2013.7.3 日経 燃料電池車、主戦場に、ホンダ、GMと提携、開発へ世界3陣営、水素供給網構築で協力

2013.8.6 日経 「水素大国」日本の夜明け、余剰能力で1500万台分賄う

2013.9.28 日経 川重、水素輸入へ専用船、豪から17年にも、国内より5割安

2013.9.30 日経 世界初の大型水素基地、千代田化工、燃料電池車向け、1日に4万台分、コスト3割安

2013.10.23 日経 無尽蔵の資源、水素が主役、燃料電池車に安定供給

2013.10.24 日経 世界初の水素発電所、石炭火力並みコスト視野

2013.10.24 日経 光と水で水素効率製造、独ルール・ボーフム大生物化学講座

2013.6.2 日経 水素発電所、実用化へ、千代田化工、燃料安く生産

千代田化工建設は水素発電所の実用化に必要な技術を開発した。燃料の水素を低コストで供給できるようになる。国内外の企業と設備の商談に入っており、2～3年で世界初の水素発電所が稼働する可能性がある。水素発電は、二酸化炭素を発生しないうえ、国内で燃料を自給できる。輸入の化石燃料に頼る日本にとって重要な電源になりそうだ。

千代田化工建設によると、水素だけを燃料とする商用の発電設備は実用化されていない。発電用ガスタービンで水素を燃焼させられるが、燃料で使うには一定量を常にマイ

ナス 253℃以下と言う極低温で液化するなどして貯蔵する必要があり、巨額の費用がかかる。同社は液化した水素を常温で貯蔵・輸送し、その後に効率的に抽出できる設備を開発した。水素は製油所や石油化学プラントなどで大量に発生するために容易に確保できる。同社の設備は出力 10 万キロワット程度の小規模な発電所に水素燃料を供給できる能力がある。価格は 100 億円規模とみられる。国内外の石油や電力などエネルギー関連会社と商談している。石化プラントなどに千代田化工の設備と、ガスタービンを導入すれば水素発電を始められる。千代田化工は装置販売のほか、燃料の供給事業も手掛ける。水素は有機化合物のトルエンと混合すれば、常温で貯蔵可能な液体になるが、そこから水素だけを取り出すことが難しかった。千代田化工の新設備では 98% 以上の高効率で取り出せる。プラチナを細かく砕いた「ナノ粒子」と呼ばれる独自開発の触媒を使う。今後、設備の大型化や低コスト化に取り組み、現在はガス火力よりも高い発電コストの抑制を急ぐ。

**2013.5.14 日経 燃料電池車の出力 2 倍、京大が電極、ガソリン車並みの加速**

**2013.5.4 読売 燃料電池、安く丈夫に、九大教授ら開発、加湿・冷却装置が不要**

**2013.5.4 日経 燃料電池、寿命 100 倍に、九大が家庭用技術、5 年度実用化目指す**

**2013.5.3 読売 エネフォーム需要急増、西部ガス、震災後、2 年連続、販売倍増、本社から 20 人出向、店舗に常駐**

**2013.4.26 読売 燃料電池車、コストの壁、究極エコカー 15 年発売、欧米と連携、量産図る**

**2013.4.20 日経 水素もガソリンも OK、J X エネ、初の併設スタンド**

**2013.4.5 読売 燃料電池車、年 700 台目標、トヨタ、15 年に一般販売開発**

**2013.3.21 日経 燃料電池車が変わる、エネルギー自給に一步、**

**2013.3.20 日経 燃料電池車が変わる、1 億円の車、今や 500 万円**

**2013.2.8 読売 価格 3000 分の 1、触媒開発、ニッケル+鉄、燃料電池コスト低減期待**

**2013.1.29 日経 持ち運べる燃料電池、ボンベ 1 本で運転**

**2013.1.26 日経「水素大量にためる合金、燃料電池車の普及後押し、神鋼・筑波大、タンク向けに開発」**

神鋼は筑波大学と大量の水素を効率的にためられる合金を開発した。温度設定を変えるだけで水素を大量に吸収したり、放出したりする働きを持つ。水素はクリーンなエネルギー源として注目されているが、爆発の危険性があるため安全な貯蔵方法が課題だった。合金を貯蔵タンクとして使えば、通常の金属材料に比べて 3~4 倍の水素をためられる。

主に、市世代エコカーとして期待される燃料電池車（FCV）の水素燃料の貯蔵用に2015年の商品化を目指す。開発したのは鉄とチタンジルコニウム、マンガン、クロムを混ぜた合金。配合比率を工夫することなどで水素の吸収性能を高めた。合金を摂氏20度以下にすると水素を吸収し、80℃以上に加熱すると放出する仕組み。水素タンクの内部に使用すれば貯蔵量を増やせる。水素は酸素と反応させるとことで電気を発生する。電気発生時に排出するのは水だけなためクリーンエネルギーとして期待されている。ただ気体のため大きな貯蔵施設が必要。いまは高圧で堆積を圧縮しタンクに蓄える方法が一般的だが、専用装置が必要でコストが高い。新合金のタンクは通常の気圧で使えるためコストを抑えられる。最近普及が進んでいる家庭用の燃料電池に続いて、これからは工場や事業所などで使う大型の燃料電池や、燃料電池車の普及も見込まれる。燃料として使う水素の貯蔵タンクの開発が進めば普及を後押ししそうだ。

#### **2013.1.23 日経「トヨタの燃料電池車技術、BMWに年内供与、近く合意」**

技術の供与を正式合意。トヨタが15年に一般販売を目指す燃料電池車の関連技術を供与、BMWは20年にも市販車を投入する計画。

#### **2012.10.24 日経 余剰電力、水素で貯蔵、再生エネ出力変動を吸収、東芝、英で来月から実験**

#### **2012.10.16 日経「水素発生1000倍の光触媒、燃料電池向け 九大、企業と実用研究」**

#### **2012.6.30 日経「燃料電池車で先行狙う、BMWと提携拡大、トヨタ、ハイブリッドと並ぶ柱に、世界で陣営構築」**

トヨタ自動車とBMWが29日、長期的な協力関係の構築で合意した。トヨタがハイブリッド車（HV）に加え、燃料電池車の技術まで含めて包括的に手を組むのは初めて。次の市場となる燃料電池で先手を打つことになる。環境技術では日産自動車や独ダイムラーなども他社との技術連携を積極的に進めており、自動車大手を巡る陣営作りの動きが激しくなる。

トヨタが広範囲に手を組むのは、先進国を中心に環境規制の強化でエコカーが市場の中心になってきたことが背景にある。最新のエコカーの研究開発費は数千億円規模に膨らみ、負担は高い。トヨタは15年以降のエコカーについて、多目的スポーツ車（SUV）やバス、トラックなどの大型車は燃料電池、プリウスに代表される中小型の乗用車はHV、2～4人乗りの近距離移動用は電気自動車（EV）と、車の大きさで駆動方式を分ける戦略をとる。日米欧の3極で普及を進めれば、シェア拡大やコスト競争力の強化に弾みがつく。

#### **2012.5.27 読売「水素タウン世界が注目、燃料電池にビジネスチャンス、福岡のモデル地区視察続々」**

水素エネルギーの研究と社会実験が進む福岡県に国内外から視察が相次いでいる。水素を燃料とする発電装置を住宅に設置したモデル地区 2 か所では、昨年 1 年間だけで計 351 件に上った。東日本大震災後、次世代エネルギーへの関心が急速に高まっており、福岡県は 6 月以降、水素燃料電池に関わる技術について各地の商談会で本格的に PR に乗り出す。

「住民が暮らしの中で水素エネルギーを使っているなんて」。国内電力の 7 割を原子力に頼るフランスの水素エネルギー推進組織「フランス水素・燃料電池協会」のマリアンヌ・ジュリアン会長は感嘆の声を上げた。24、25 日にフランス大使館が主催した視察には、同協会のほか、仏のガス会社「エア・リキード」や仏政府機関の約 25 人が参加。北九州市の北九州水素タウンでは、製鉄所で発生した水素をパイプラインで集合住宅 7 戸に引き、燃料電池を動かして電力の一部を賄う仕組みの説明を受けた。福岡県や九州大学、大手自動車メーカーなどでつくる「福岡水素エネルギー戦略会議」が設けたモデル地区は、北九州水素タウンと、LP ガスから取り出した水素の燃料電池を住宅 150 戸に設置した福岡水素タウン。昨年 1 年間の視察数は、北九州が 199 件、福岡が 152 件。北九州の 19 件はアメリカ、イギリス、中国など海外からで、いずれも東日本大震災後だった。福岡県新産業・技術振興課は、視察が相次ぐ背景について「原発事故で代替エネルギーに注目が集まったことも影響したのではないかと話す。水素エネルギーを巡っては、戦略会議のメンバーの企業が水素を使った燃料電池や燃料電池自動車の部品製造などに乗り出している。

## **2012.5.27 日経「水素ステーション市街地に、燃料電池車普及へ規制緩和、政府 15 年に 100 か所、国際競争にらむ」**

政府は次世代エコカーの本命である燃料電池車の燃料を供給する水素ステーションの整備に乗り出す。6 月中に立地規制を緩和し、2015 年までに 100 か所の設置を目指している民間の計画を補助金などで支援する。燃料電池車開発に本腰を入れる米独韓との競争で後れを取らないように実用化を後押しし、エコカー分野での日本の技術の優位性を保つ狙い。政府は 6 月中に、水素ステーションの立地規制を緩める。高圧ガス保安法を省令改正し、住宅地やオフィスビルが集まる地域で立地できるように改める。これまでは工業地域にしか建てられなかった。消防法も政令改正し、ガソリンスタンド運営会社が自社スタンドの隣に水素ステーションを建てることも認める。自動車大手 3 社や石油大手、ガス会社など 13 社は 15 年までに東京、大阪、名古屋、福岡を中心に 100 か所の水素ステーションを設ける計画。規制緩和を受けて、東邦ガスなどが今年中に愛知県豊田市など 3 か所にパイロット拠点を造る。政府は建設費などを補助する。経済産業省によると、水素ステーションの建設費は 1 件 6 億円かかる。7000 万から 1 億円のガソリンスタンドに比べ民間事業者の負担は重い。そこで同省は水素ステーションに使う鋼材や資材について、安全性を見極めたうえで規制を緩和する。さらに官民で水素の圧縮機や貯蔵タンクに使うバルブなど部品ごとの企画を統一し、コストを減らす。建設費を 2 億円程度に抑える目標。燃料電池車は水素と空気中の酸素を反応させて電気を起こし、モーターを回す。電気自動車などに比べ、

充填時間の短さ、走行距離の長さが強みと期待される。トヨタ自動車は15年にも燃料電池車のコンセプト車「FCV-R」を国内発売する。すでに実験的に2002年に官公庁や企業向けにリース販売を始め、日米で50台以上のリース実績がある。日産自動車も16年度までに個人向けに販売を始める。燃料電池車を巡っては国際競争が激しくなっている。独ダイムラーは14年にも市場投入する考え。インフラ整備では、米カリフォルニア州が12年10月から、水素ステーションの建設を補助し始める方針。

#### 2012.4.23 読売「エネファームで都市ガス攻勢、値下げ・小型化目指す」

都市ガス業界が、家庭用燃料電池「エネファーム」の販売に力を入れている。東京ガスなど大手4社の2012年度の販売目標は計約1万5000台と11年度実績を3割上回る。東日本大震災を機に需要が高まり、普及の壁である価格と大きさを手ごろなものにしようと努めている。

エネファームは、都市ガスやLPガスの水素と空気中の酸素を反応させ、電気や熱を作り出す。家庭の使用電力の約6割を賄え、お湯も作れるため光熱費を年間5万～6万円節約できるとされる。09年に発売され、11年度には大手4社で1万1000台余りを売った。ただし、エネファーム自体を動かすのに電気を必要とするため、停電時に電気を生めない弱点も指摘されていた。業界最大手の東京ガスは2月に蓄電池の別売りを始め、停電時でもエネファームの稼働と家庭への電力供給を数時間続けられるようにした。12年度は前年度より25%多い7100台の販売を目指す。

大阪ガスは、京セラなどと開発した新機種を27日に売り出す。発電効率は世界最高水準で、家庭の使用電力の約8割を賄えるという。12年度は従来型を合わせて前年度比46%増の6000台を販売する目算。東海地方の東邦ガスは12%増の1300台、九州北部を地盤とする西部ガスも90%増の850台をそれぞれ目指している。エネファーム普及へのハードルのうち、導入価格は1台200万円以上で、国の補助金を受けても最低150万円程度の自己負担が必要となる。しかも今の補助金制度は15年度までに切れる。各社はメーカーと協力してコスト引き下げを急いでおり、東京ガスは「できるだけ早く100万円を切りたい」、大阪ガスも「10年代後半頃に50万～60万円に」と意気込む。機器の小型化も欠かせない。東京ガス（パナソニック製）の場合、システム1式で高さ1.9m、幅1m、奥行き50cmもあろう。各社とも戸建住宅用に限られており、マンションが多い都心部への普及が広がらない一因となっている。日本ガス協会は、二つの課題を解決することで30年までに累計500万台の販売を目指す。鳥原会長は「エネファームの価値が評価されれば、将来は年間50万台の普及が可能になる」と青写真を語った。

#### 2012.4.20 日経「独で家庭用燃料電池、JXエネ、価格5分の1、50万円に、現地企業と販売、新興国開拓も視野」

JX日鉱日石エネルギーは2015年をメドにドイツで家庭用燃料電池事業に参入する。現

地企業と組み、技術開発や量産効果で価格を従来の5分の1の約50万円に下げた最新型を売り込む。ブラジルなど新興国での販売も目指す。ガスから電気と熱を効率的に生み出す燃料電池は世界で日本勢が先行している。海外の市場はまだほとんどないが、同社は他社に先駆けて新市場を開拓、20年に10万台の海外販売を目指す。

燃料電池は群馬県の子会社などで生産しており、11年度は国内で2100台を販売した。海外では韓国で11年から韓国ガス公社と実証実験を始め、13年にも現地で発売する。ドイツは海外で2か国目。ドイツは再生可能エネルギーの買い取り制度に積極的で、電気料金が上昇。燃料ガスのパイプライン整備も進んでおり、需要が多いとみている。今後、ブラジルやベトナムでの販売も目指す。ドイツ西部の大学系企業「燃料電池開発センター（ZBT）」と、現地の需要に合わせた燃料電池開発のための実証実験を始めることで基本合意した。地元の都市ガスの熱量変化や電気の使い方などを調べ、製品に反映させる。販売ルートの確保に向けて、エネルギー会社やボイラー機器メーカーとの間で提携交渉も本格化させる。ドイツで販売するのは従来型よりも発電効率が3割高い、最新型の固体酸化物型燃料電池（SOFC）。1台あれば一般的な家庭で7割の電力をまかなえる。発電装置の主要部材の素材を見直したり、人手で組み立てているのを自動化することなので、今の270万円から約50万円に引き下げる。ドイツだけでなく、日本も含む世界市場での価格にするとみられる。ドイツの電力料金は1キロワット時あたり約24円なのに対し、都市ガスを電気換算すると同約7円と安い。余剰電力を電気会社に販売でき、燃料電池購入後に数年で元が取れる見通し。20年に5万～6万台の販売を目指す。ブラジルでは現地の液化石油ガス（LPG）販売2位のウルトラガスなどと、販売へ向けた調査を始めた。電線を通じていない家庭向けなどに、潜在的な需要は大きいとみている。ベトナムなどアジアでの販売も検討している。日本では09年にJXエネや東京ガス、大阪ガスなどが世界で初めて燃料電池を商品化した。11年度末で累計2万台が普及している。海外では韓国内で現地や米国系の企業が販売しているが、価格が日本勢の約2倍とされ、販売実績はごくわずか。世界で日本企業が圧倒的に先行している。

家庭用燃料電池など新エネルギーの普及はコスト次第の面がある。JXエネが目標とする1台50万円まで下げられれば、ドイツでは電力会社から電気を買う場合に比べても競争力はある。一方、ブラジルなど新興国では依然として割高だ。新興国市場の開拓には、現地生産や部品調達の見直しによるコスト低減も求められる。これまで新エネルギーの世界展開で日本企業には苦い経験がある。太陽電池では日本が2000年ごろまで販売量で先行し、世界シェアの上位を占めた。だが、最近は圧倒的なコスト競争力を持つ中国企業など海外勢の後塵を押し、精彩を欠いている。JXエネなど日本の燃料電池各社は当面、海外で販売する場合でも日本で生産するとみられる。現段階ではコスト、技術共に海外勢を圧倒しているが、早めに現地生産体制を構築するなど、コスト低減でも先手を打ち続けることが、長期的に勝ち残る条件になりそうだ。各国でエネルギー政策に大きな差があるだけでなく、新興国では新エネルギーの政策が頻繁に変わることも、海外展開のリスク要因になる。現地



の有力な企業と組みながら、早く市場を押さえて自社の優位性を保ち続けられるかが問われる。

### **2012.1.16 日経「家庭用燃料電池を拡大、東京ガス 分譲地向け強化、大阪ガス 高効率の新製品、電力不足で55%増狙う」**

東京ガスや大阪ガスなど国内ガス大手が、都市ガスを使う家庭用燃料電池事業を拡大する。東邦ガスを含めた3社の2012年度の販売目標は11年度実績見込みを55%上回る。原子力発電所の再稼働が不透明な中、過程でも電力凶速への対応や停電などの事態に備えるニーズが増すと判断、分譲地に一括提供する販売手法や価格を抑えた製品の投入で需要を喚起する。

東京ガス、大阪ガス、東邦ガスの家庭用燃料電池「エネファーム」の12年度の販売目標台数は1満4400台。11年度実績見込みの9250台を大幅に上回る。目標を明らかにしていない西部ガスも今年度実績を上回る販売を目指す。東京ガスの12年度の販売目標は11年度計画比約4割増の7100台。個別の一戸建て住宅への設置に加え、分譲地にまるごと導入する営業を強化。一カ所あたり数十台まとめて販売を上積みする。震災後の電力不安を背景に11年度の販売台数は、目標の5000台に対し5600台程度に達する見通し。営業体制を刷新し、各支社に分散していた分譲地向け舞台を本社に一本化。デベロッパーへの提案ノウハウを集約できるようにした。今年度の分譲地向け販売は400~500台を見込む。12年度には、700台まで増やしたい考えだ。大阪ガスはあ12年度に燃料電池の販売数を6000台と、11年度見込みの2倍を目指す。4月に東芝グループや長府製作所と開発した高効率の新製品を発売する。部品点数の削減などで現行品より65万円安い約260万円に抑えた。12年度中に停電時も動く製品や、京セラなどと開発している発電効率の高い固体酸化物型燃料電池も投入する。既存住宅にも給湯器の買い替え時を狙って売り込む。東邦ガスも12年度に11年度実績の2倍の1300台を販売する計画。西部ガスは昨年、家庭用燃料電池に特化した営業部隊を新設。12年度は今年度目標の440台以上の販売上積みを目指す。都市ガス会社以外でも、JX日鉱日石エネルギーが12年度の販売目標を11年度見込み比約8割増の4000台としている。

### **2012年1月8日日経「光合成まね「太陽光資源」水素や化学原料、実用急ぐ**

植物の光合成をまねて太陽光をエネルギー源に水素や化学原料を製造する研究開発が本格化してきた。光触媒などを使って水を分解し、温暖化ガスの二酸化炭素を化学原料に変えて貯蔵する。自動車燃料や医薬品原料に使う。化石燃料に依存しない社会に不可欠な本命技術と期待され、「10年~20年後には実用化のメドを」との声が高まっている。

「メカニズムを探る研究を30年続けてきたが、今はもっと効率を上げてくれとせつつかれるばかり」。東京大学の堂免一成教授は東日本大震災以降、この分野に大きな期待が寄せられている状況をこう表現する。太陽光で水素や化学原料を製造する方法は「ソーラー・

フューエル」と呼ばれる。海外の砂漠などで太陽光発電しても、電気は遠くへ送るほど減衰して使えなくなる。ガスや液体に変えれば、運んでも必要な時にエネルギーや原料として利用できる。資源確保と温暖化ガス対策になる「一石二鳥の技術」。

目標は大きく二つある。一つは水素製造。もう一つはメタンやアルコールなども合成する方法。水素製造では、光触媒に光を当てて水を分解する。光合成の前半部分の「明反応」に相当する。発端となった光触媒反応は日本で見つかり、以来、研究水準は世界でトップクラスだ。光触媒は当初、紫外線を当てないと働かなかったが、2000年以降、可視光に反応するタイプが相次いで登場し、研究に弾みが付いた。化学原料の合成は、光合成の後半部分の「暗反応」に当たる。植物はブドウ糖を作っているが、この反応を人工的に再現するのは至難の業。実験室では、「金属錯体」という特殊な化合物に光を当て、二酸化炭素を一酸化炭素やメタン、ギ酸などに変える方法が研究されている。トヨタ自動車グループの研究子会社、豊田中央研究所は11年、明反応と暗反応を組み合わせた人工光合成の再現実験に世界で初めて成功した。これまでも再現の試みはあったが、反応を促す有機物や電気を加えていた。同社は、可視光に反応する光触媒と、半導体表面に金属錯体を重ねた新しい光触媒を反応容器内に収め、水と二酸化炭素と太陽光だけでギ酸を合成した。光エネルギーの交換効率は0.04%と、バイオ燃料用に栽培するスイッチグラスの5分の1とまだ低い。豊田中研の梶野主席研究員は「これから変換効率の向上を目指した研究が活発になるのでは」と展望する。その解決には反応効率の高い光触媒の開発が不可欠。

水素製造向けの光触媒で最も高い変換効率は、同免教授らが10年に発表した0.2%。実用的なプラントには約10%の効率が必要とされる。堂免教授は「効率を今の10倍の2%にすれば、産業界の機運が盛り上がる。到達できる」と話す。時期は明示していないが、直近の5年間で効率は数倍に高まった。「5~10年以内にも」との期待は膨らむ。発生する水素と酸素を分ける安全対策も求められている。分離膜を使う方法や、水素の発生場所を別々にする方法などが提案されており、コストと性能を比べながら優れた手法が採用されるだろう。

化学原料を合成する反応の実現はもっとハードルが高い。目標とする原料は色々あるが、安定な二酸化炭素から酸素を1個とれば、有用な一酸化炭素になる。そのための有力な触媒候補は、希少金属のレニウムを含む金属錯体。この触媒に詳しい東京工業大学の石谷教授は「反応の仕組みがようやくつかめた段階」と解説する。実用時には鉄やコバルトなど安価な金属を含む錯体が望ましいが、開発はまだ模索の状況だ。海外では日本を追い上げる動きが活発だ。米エネルギー省は10年から5年間に1億2200万ドルを投じる大型事業に着手した。中国はこの分野の研究拠点を11大学に設け、韓国も09年から西江大学を中心に政府の研究事業を始めた。日本は経済産業省が12年度から革新的な触媒開発を目指す研究に着手する。光合成タンパク質の解明で岡山大学や大阪市立大学の研究者が注目成果をあげた伝統と、再生エネルギーへの追い風を生かし、総力を結集できる体制を組もうと準備を進めている。

光触媒；通常ではなかなか起きない化学反応を、光を受けたときに促進する物質を指す。代表は酸化チタン。東京大学の本多健一教授と大学院生の藤嶋明氏（現東京理科大学長）が1969年、紫外線を当てて水を酸素と水素に分解できる採用を発見し、72年に論文発表した。この作用は「本多・藤嶋効果」と呼ばれる。酸化チタンはその後、有機物分解作用を生かした環境浄化や、水とよくなじむ性質を生かした曇り防止の分野で製品化された。太陽光に反応する光触媒では、窒素を入れた酸化タンタルや、ストロンチウムを加えた酸化チタンなどが日本で開発され、世界の研究をリードしている。

研究小史；1969年 光触媒（酸化チタン）による水の分解現象「本多・藤嶋効果」発見

1978年 第2次石油危機を受け、最初の人工光合成研究のブーム

1982年 米国でルテニウムを用いて酸素の発生を確認

90年前後 酸化チタン以外の光触媒の開発相次ぐ

2000年以降 可視光反応型の光触媒が登場

2009年 科学技術振興機構が「光エネルギーと物質変換」研究開始

韓国が国家プロジェクト「K-CAP」開始

2010年 米エネルギー省が研究プロジェクト「J-CAP」開始

2011年 豊田中央研究所が「人工光合成」を初めて実証

### 2012.1.6 読売「車の燃料に県産水素、コンビナートの副産物で新産業を、エネルギー維新山口から」

県庁の地下駐車場から走り出した公用車が無音で坂道を上った。排気塔から噴き出すのは無臭の水蒸気で、二酸化炭素は排出されない。この公用車はマツダが開発した水素自動車。燃料は、「トクヤマ」のカセイソーダ工場で排出される水素を加工した高圧水素だ。150ℓで約200<sup>km</sup>走行する。県の瀬戸内海沿岸に集積する化学コンビナート群では、ソーダなどの製造過程で大量の水素が副産物として生成される。その量は年間約32.9億立方メートルで、全国の1割を超える”水素の生産拠点”。「環境技術で新産業を育成しよう」。県や関連企業群は2004年から、こうした水素を燃料としたり、発電に利用したりする「水素フロンティア山口推進構想」を進めている。水素自動車の公用車化はその一環で、県が月約20万円のリース料をマツダに支払い、運転講習を受けた職員約110人が県内出張などに走行実験を兼ねて利用している。導入2年でトラブルや事故はない。政府は、10年6月に閣議決定したエネルギー基本計画に、水素を使った燃料電池自動車の普及、ガソリンスタンドのように水素を供給できる水素ステーションの整備、を15年をメドに実現することを盛り込んだ。自動車会社やガス業界では、基本計画を見据えた製品開発や工場建設計画が活発化している。「水素フロンティア構想の実現、推進の一助となれば」。トクヤマの幸後社長が二井知事、周南市の木村市長と固い握手をかわした。昨年9月13日に県庁で行われたトクヤマとLPガス大手の岩谷産業が設立した合弁会社「山口リキッドハイドロジェン」の進出協定書の調印式。「地元と消費者に満足してもらえる事業に育てる」。岩谷産業の渡邊

副社長も、知事と木村市長に決意を語った。同 12 月 19 日、周南市御影町のコンビナート群の一角で、来春の稼働を目指す山口リキッドハイドロジェンの工場の起工式が行われた。工場では、トクヤマから送られてきた水素を、岩谷産業の技術で年間 2000 万立方メートルの液化水素に精製。将来、西日本各地に設置される水素ステーションに供給する。

水素利用の課題はコストだ。国の調査では、純度の高い水素の現状価格は、圧縮費や大質量の気体や液体の運搬コストがかさむため、1 m<sup>3</sup>約 100～150 円。ガソリンよりも割高で、課税を考慮すると、40～80 円に抑える必要があるという。「トクヤマの水素は純度が高く、新工場では高品質の液化水素ができる。何とか製造コストを下げたガソリン並みの価格で提供したい」県産水素を全国各地で走る次世代自動車に提供する。山口リキッドハイドロジェンの上羽社長はそんな未来図を描き、技術革新に挑む。

**2011.10.17 日経 水素分解酵素の構造解明、燃料電池へ応用期待**

**2011.9.13 日経 白金使わない、燃料電池開発、九大、安価な触媒利用**

**2011.9.8 日経「燃料電池、停電でも稼働、家庭用、蓄電池組み合わせ、J X エネ・東ガス、震災で停止「自立型」弱さ露呈」**

J X 日鉱日石エネルギーは蓄電池と組み合わせて、停電時で運転が継続する家庭用燃料電池システムを開発した。東京ガスも燃料電池と組み合わせる外付け電池の開発を進めている。東日本大震災後の計画停電では燃料電池が相次いでとまった。電力会社の送電線に燃料電池の電力が流れ込む現象を防ぐ機能が働いた。家庭用燃料電池は有力な分散電源として期待を集めているだけに、各社は露呈した弱点の修正を急いでいる。

家庭用燃料電池は都市ガスや液化石油ガス（LPG）などを燃料に、電気と熱を生み出す機器。通常時は送電網から送られてくる電力と組み合わせ使う。燃料電池自体は起動に電力会社の電力が必要だが、停電などの際には電力会社の送配電網に燃料電池の電力が流れ込む「逆潮流」を防ぐため自動的に止まるようになっている。J X エネルギーは来夏をめどに、リチウムイオン電池を組み合わせた蓄電池と一体で運用する燃料電池の販売を始める。停電で停止する現在の燃料電池の弱さを解消し、燃料のガスがある限り連続運転が可能になる。中国で組み立てたパソコン向けリチウムイオン電池を調達、電池 90 個を組み合わせ容量 6 キロワット時の蓄電池を製作した。停電を想定した実証運用で自動的に蓄電池にためた電力を受け取る運転に切り替わり、継続して発電できることを確認した。燃料電池の出力 700 ワットの範囲内であれば、停電しても継続して照明や冷蔵庫を使えるという。J X エネルギーは蓄電池を構成する個々の電池の劣化情報を遠隔監視し、販売店などが保守も手掛ける。燃料電池と同じく 10 年のメーカー保証を付ける方針だ。蓄電池の価格は 100 万円程度に抑え、燃料電池とセットで販売する。補助金の設定水準にもよるが、利用者負担は一式で 260～270 万円程度になる見込み。12 年度には燃料電池全体で今年度見通しの 2.2 倍の 4000 台の販売をめざし、半分は蓄電池一体型を見込む。東京ガスも燃料電

池が停電した際のバックアップ用の外付け電池の開発を進めている。燃料電池とは別売りでオプションの形で販売する方針。

J X日鉱日石エネルギーなどがバックアップ機能を付けた燃料電池開発を急ぐのは、東京電力管内で実施された計画停電で燃料電池の停止が相次期「自立・分散型電源」という売り文句が揺らいだため。2009年から石油会社やガス会社が販売する家庭用燃料電池「エネファーム」の設置台数（補助金設置ベース）は09、10年度はそれぞれ約5000台で推移。11年度は震災後の引き合いが急増し、7月上旬までに補助金交付枠の8133台を使い切るなど関心が高まっている。ただ、計画停電で燃料電池も止まると利用者に戸惑いが広がり、販売会社には「自立型ではないのか」といった問い合わせが相次いだ。都市ガス会社J Xエネルギーはホームページなどを通じた説明に迫られた。太陽光発電も燃料電池と同様、電力系統を乱さない仕組みを採用している。しかし、発電した電気を家庭用の交流電源に変換する装置「パワーコンディショナー」を手動で操作し自立運転に切り換えれば、停電時でも昼間の日射量がある条件下なら発電はできる。ただ、この装置は屋根裏などに設置されていることが多く、広く知られているとは言えない。こちらでも計画停電時に混乱が生じ、太陽電池メーカーは利用者への周知を余儀なくされた。こうした事態を受け、新エネルギー・産業開発機構（NEDO）は非常時対応の電源の開発を各メーカーに求めている。費用負担が増え、拡大機運にある燃料電池の販売に水を差す可能性もある。

#### **2011.7.26 日経 燃料電池、補助金底つく、家庭用の今年度分、電力不足懸念で販売急増、メーカー失速警戒**

#### **2011.5. 11 日経「水素ステーション、トヨタ米で稼働、初のパイプライン型」**

トヨタ自動車は10日、米カリフォルニア州で燃料電池車用の水素ステーションの稼働を始めたと発表した。遠隔地で生成した水素をパイプを経由で安定的に供給する「パイプライン型」としては全米初という。同社は2015年までに「究極のエコカー」とされる燃料電池車を米国で発売する計画だ。石油大手の英欄ロイヤル・ダッチ・シェルなどと共同で、米国でトヨタ自動車販売（TMS）の敷地内に水素ステーションを新設した。数キロメートル離れた水素の生成拠点からパイプラインで水素を安定的に供給する。設備はシェルが運用、トヨタだけでなくホンダなど他メーカーが試験的に展開している燃料電池車にも水素を供給する。燃料電池車は水素と酸素の化学反応で発電し動力を得る仕組みで、走行中は二酸化炭素を一切出さない。ただ、現段階では車両価格が高額なほか、燃料の供給インフラの整備など普及には課題も多い。

#### **2011.4. 18 日経「光合成担う構造解明、水素生成、燃料電池に利用も、岡山大学と大阪市立大学」**

岡山大学の沈健仁教授や大阪市立大学の神谷信夫教授は、植物の光合成に欠かせない生

体分子の立体構造を解明した。この分子を人工的に作ることができれば、太陽光と水から水素を高効率で作る燃料電池の燃料などに利用できる可能性があるという。成果は17日付のネイチャーに掲載された。水と二酸化炭素から炭水化物と酸素を作る光合成の一連の反応のうち、太陽光で水を分解して酸素や水素イオンなどを作る部分の反応を調べた。研究チームは藻類が光合成に使う細胞膜にあるたんぱく質複合体に注目。複合体の高品質の結晶を作り大型放射光施設「Spring-8」で立体構造を解明した。複合体は19個のタンパク質や水分子などからなり、マンガンやカルシウム、酸素の原子からなる部分が重要な働きをしていた。この構造が水を分解する反応に欠かせないことを見出した。神谷教授は「化学合成の専門家らがこの分子を作ることができれば、エネルギー問題の解決に役立つ触媒ができるかもしれない」と話している。

### 2011.2. 23 日経「水素の供給源を小型に、手に乗る燃料電池」

燃料電池の開発のアクアフェアリーは小型で軽量の燃料電池「AF-M3000」を4月から販売する。水と混ぜると水素を発生する物質を使い、燃料の水素を電池に供給する。常温でも水素を固体の状態で持ち運べるのが特徴で、水素ボンベや大がかりな装置がなくても発電できる。水素化カルシウムと呼ぶ物質を燃料源にする。水と混ぜて発生した水素を電池内部で酸素と反応させ発電する仕組み。反応時の熱を冷やす装置も不要にした。手のひらに乗る大きさで重量は128グラム。出力は2.5ワット以上で携帯端末の充電に使う。米アップルの「iPhone」なら90分間の充電で約3時間稼働する。メタノールを燃料に使う電池と比べても小型で軽量なのが特徴で、価格は1台2万6250円。

### 2011年1月30日読売「水素でエコ、福岡の試み 製鉄所の排出、燃料電池に利用」

日本の重工業を主導してきた北九州市で、製鉄過程で発生した水素をパイプラインで供給して燃料電池を稼働させる世界初の実証実験が始まった。福岡県内では、液化天然ガス（LPG）をもとに稼働する燃料電池を住宅に設置した実験も行われている。今回の実験で二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量をどこまで減らすことができるか、成果が目される。実証実験は、JX日鉱日石エネルギーや都市ガス大手4社など13社、福岡県、北九州市が共同で実施。パイプラインは直径5～10センチ、総延長は1.2キロメートル。新日鉄八幡製鉄所と、「北九州水素タウン」と呼ばれる北九州市八幡東区の一部を結んでいる。供給先は集合住宅一棟（7世帯）、博物館、ホームセンターなどで、次世代型燃料電池14台（発電能力1～100kw）が設置されている。コージェネレーション（熱電併給）を行い、発電時に二酸化炭素を発生せずに、電力需要の2～6割を賄っている。実証実験は、水素の供給技術や燃料電池の耐久性、二酸化炭素の削減効果などを把握する狙いがあり、「低炭素社会で世界のトップランナーを目指す」という。福岡県内には、水素を巡る数々の先進的取り組みがある。福岡県は2004年、八幡製鉄所から発生する大量の水素と、九州大学で進んでいた水素研究を融合する形で、全国に先駆けて産官学の共同組織「福岡水素エネルギー戦

略会議」を発足させた。同会議は 2008 年に福岡県糸島市の戸建て住宅など 150 世帯に LPG を使う家庭用燃料電池システムを設置した実証実験を始めている。この実験では、一年間で杉の木 4200 本の吸収量に相当する 59 トンの二酸化炭素を削減する成果が出ている。さらに、2010 年春には福岡県が中心になって糸島市に「水素エネルギー製品研究試験センター」を開設した。企業が、水素の運搬や活用に関する工業製品の耐久試験などを依頼できる国内初の施設だ。この施設を活用した企業には、燃料電池車などに搭載する超高压水素タンクなどに配管をつなぐ際のパッキンを開発した福岡市の金属加工業、TOKi エンジニアリングなど、企業規模が小さくとも高い技術力を持つ企業が少なくない。福岡県は今後、水素関連産業を育成するとともに、企業誘致の切り札にする方針だ。福岡県への注目度が、水素関連ビジネスで再び高まりそうだ。

#### **2010 年 6 月 16 日読売「燃料電池車 500 万円前後、トヨタ、コスト 1 億円から圧縮」**

トヨタ自動車は 15 日、2015 年に本格販売を目指している燃料電池車の製造コストが、500 万円前後になる見通しを明らかにした。普及促進のため、販売価格は製造コストに近い水準に抑えることを検討している。2000 年代初頭は、製造コストが 1 台 1 億円以上とされたが、技術革新で大幅なコスト削減にメドをつけ、高級車並みの価格での販売を目指す。燃料電池車は、二酸化炭素を全く排出しない「究極のエコカー」と言われているが、現在は製造コストが極端に高く、普及の壁となっていた。トヨタは、燃料の水素と酸素を反応させて電気を作り出す燃料電池に使われるプラチナなど貴金属の使用量や部品点数を減らすことに成功し、価格低下に道筋をつけたという。燃料電池車は、ホンダや米ゼネラル・モーターズ (GM)、独ダイムラーなども開発に力を入れている。500 万円程度の価格が実現すれば、普及に一気に弾みが付く可能性もあり、各社の戦略にも大きな影響を与えそうだ。

#### **2010.6.6 日経 日立造船、大型燃料電池に参入、工場・ビル向け、発電効率 2 倍に、欧州企業と 14 年メド**

#### **2010 年 3 月 20 日日経「燃料電池、酸化物型の研究進む、東ガス「家庭用」寿命 5 倍に」**

2010 年代前半の実用化をめざし、固体酸化物型 (SOFC) と呼ぶ燃料電池の研究が加速してきた。東京ガスなどは家庭用の寿命を従来の 5 倍に延ばす技術を開発し、実証実験を始めた。日立製作所なども業務用で長時間の連続稼働に成功した。火力発電所よりも発電効率が高く、優れた商品として普及を狙う。

東京瓦斯、京セラ、リンナイ、ガスターが共同開発した固体酸化物型燃料電池の実証実験が昨年 12 月に始まり、「ほとんど劣化は見られず、5 年間は持ちそうだ」。燃料電池は「セル」と呼ぶ発電量の小さい電池をいくつもつなぎ合わせて大きな電気をつくる。実用化されているのは、昨年からはガス業界が中心となって家庭用に販売している「固体高分子型」。

電池内の発電部にフィルムのような膜状の化学物質を使う。酸化物型はこの発電部分をセラミックスに置き換えたもので、発電効率は42%と高分子型を5ポイント上回るとされる。東京瓦斯など4社はさらに寿命を延ばせる新技術を採用。セル同士をつなぐ部分の耐久性が低かったため、特殊な金属をセラミックスに換えた。

ただ、酸化物型の発電効率の高さは燃料が持つエネルギーの多くを発電に費やすことも意味し、お湯を作るのに回るエネルギーは少ない。高分子型はこの逆で、お湯を作るのが得意。一見すると酸化物型と高分子型は需要を食い合いそうだが、家庭の状況に合わせてどちらでも提案できるようにするのが理想という。電気の使用量が多い事務所向けに、業務用の開発も進む。日立とTOTOは家庭用の約10倍の出力を誇る10kwの酸化物型を使うコージェネを開発した。10kwを実現するため、360個もの燃料電池セルをつなぎ合わせた。大型化すると電圧がぶれやすく出力低下につながるが、電圧のバラつきを従来の5%から2%以内に抑えた。「発電・排熱の両方を合わせた総合効率は8割を超えた」と話す。3千時間以上の運転実験の性能を確認した。民間調査会社の富士経済は、酸化物型の国内市場は25年度に約2500億円に達すると予想する。世界ではより大きな市場が誕生するだけに、日本の技術力が試される。

固体酸化物型燃料電池：発電部分に固体で酸化物のセラミックスを使う燃料電池。天然ガスから水素を製造する際に発生する一酸化炭素も燃料として使え、固体高分子型のように一酸化炭素を取り除く作業が要らない。ただ、電池内部の温度を700度以上に上げるため起動に数時間かかり、現状では自動車や携帯電話などには使えない。

**2010.2.25 日経 燃料電池、白金使わず低コストで、米V Bが100キロワット級、グーグルなど導入**

**2010.1.4 日経 固体酸化物型燃料電池、日立、性能3割向上、負極の外側に、補助電極**

**2009.11.13 日経 燃料電池、太陽電池ダブル発電住宅に補助金、東京瓦斯と大阪瓦斯、年3万円、併設促す**

**2009.11.1 日経 環境にやさしく光熱費を削減、家庭用エネルギーシステム、エコキュート、エコウィル、エネファーム**

**2009.10.31 読売 燃料電池に応用期待、人工酵素合成に成功、九大グループ**

**2009.9.30 日経 家庭用燃料電池、新日石・京セラ共同開発、小型、高効率、11年度に発売**

**2009年6月27日読売「燃料電池車普及策 効果なし、197億円投入も台数は減少」**

総務省は26日、総務、経済産業、国土交通、環境の4省に対し、燃料電池自動車普及策の改善を勧告した。政府として2004～2007年度に総額約197億円を投入したが、2003年度末に49台だった全国の普及台数は2007年度末で42台と全く効果が上がっていないことを指摘した。



燃料電池自動車は、水素と酸素を反応させてつくった電気で走る車だ。走行時に二酸化炭素を排出しないことなどから、「次世代低公害車の本命」とされる。政府は 10 年度の時点で 5 万台普及を目標に掲げており、4 省は基盤的な研究開発や水素充填設備の実証試験、政府調達などに予算を投入してきた。

総務省は 4 省に示した政策評価で、「車両価格がきわめて高く（1 台約 1 億円）、燃料電池の耐久性がないなどの課題が解消されておらず、保有台数が増加しなかった原因を踏まえ、効果的で実効性のある事務・事業にすべきだ」と指摘。普及に向け、施策の定期的見直しなどを行うよう勧告した。

**2009.6.12 日経 燃料電池、発電効率最高レベルに、日本ガイシが開発、商業施設や家庭向け**

**2009.5.30 日経 新日石 燃料電池の販路拡大、家庭用、地方のガス会社などに**

**2009.5.4 日経 燃料電池をリース販売、東ガス、月内にも、家庭向け、月額 2 万円で**

**2009.4.21 日経 燃料電池、世界最高の発電効率、NTT など、店舗向け**

**2009.4.14 日経 ナノ・キューブ、金属の超微粒子量産、金やパラジウム、燃料電池向けなどに**

**2009.3.31 日経 燃料電池、日清紡、価格六分の一の触媒、低コストで、炭素材料で白金代替、来春、量産を開始**

**2009 年 3 月 23 日日経「東芝、小型燃料電池を量産、手のひら大来月にも 1000 億円事業を目指す、内蔵の携帯も商品化へ」**

東芝は 4 月にも、外出先で携帯電話やパソコンなどに充電できる小型の燃料電池の量産に世界で初めて乗り出す。2009 年度末までに燃料電池を内蔵した携帯電話機やパソコンを商品化する計画で、2015 年度には年間売上高 1 千億円の事業に育てる。

**2009.3.23 読売 燃料電池で需要開拓、東京瓦斯**

**2009 年 3 月 14 日日経「燃料電池 東芝、マンション向け 13 年にも商品化、購入負担 100 万円程度も」**

東芝は 2013 年にも、マンション向けの燃料電池システムを国内で初めて商品化する。各戸のベランダや玄関脇の配管スペースに設置できるように小型・軽量化。材料費の圧縮などで製造コストを 2~3 割削減する計画で、各家庭の購入時の実質負担が百万円程度に下がる可能性がある。マンション業者に大量に納入することで普及が一気に加速しそうだ。戸建て向けに比べ量産効果も期待でき、将来は負担額 50 万円前後を目指す。東芝が開発するマンション向けは重量が百五十キロ、高さが 1.5 メートル程度になる見通し。

### 2009年3月9日日経「東北大学 水素吸着の炭素物質、日産と燃料電池に利用へ」

東北大学の京谷教授らは炭素原子だけでできた新物質を開発した。炭素だけで構成する物質としてはダイヤモンド、グラファイト、フラーレン（球状炭素分子）、カーボンナノチューブ（筒状炭素分子）などがあるが、構造が異なる。水素を吸着する性質があり、日産自動車と燃料電池への利用を目指す。新物質は炭素原子でできた帯状シートが立体的に結合し、ジャングルジムのような形をしている。帯状シートは炭素原子が5個連なった輪と6個連なった輪がくっついてできており、幅は約1ナノメートル（10億分の1メートル）。穴が開いた酸化ケイ素の結晶（ゼオライト）を鋳型にして合成した。ゼオライトの穴の中に炭素を含む化学物質を詰め込み加熱分解し、フッ酸でゼオライトを溶かして炭素だけを残す。新物質は室温で圧力を加えると水素を吸着し、圧力をゆるめると放出する。すでに日産と燃料電池用の水素貯蔵に使う共同研究を始めた。加熱しないと水素を放出しない合金や化合物に比べ自動車用燃料電池の水素貯蔵に有利とみている。

### 2009年2月21日読売「次世代エネルギー普及へ 大規模実証 前原で進行中 150世帯に燃料電池 初期投資の低減課題」

福岡県前原市の住宅団地で、クリーンな水素エネルギーのじつようと普及を目指す水素タウンの実証が進んでいる。福岡県が発足させた産学官の福岡水素エネルギー戦略会議が、昨年10月～今年2月末までに、家庭用燃料電池システムを150世帯に設置し、4年かけて機能の改善点や光熱費の節約状況などを調べる。次世代エネルギーに関するこの大規模実証に注目が集まっている。水素エネルギーが生み出されているのは、福岡市の西隣に位置する前原市の中心部近くに広がる南風台、美咲が丘の二つの住宅団地。1918世帯、6200人が暮らしている。美咲が丘のとねがわさん宅を訪ねると、外壁沿いに高さの異なる二つの白い箱が置かれている。「低いほうが電気を作り、高いほうでお湯を沸かしています」。低い箱は発電ユニットで、大きさは、高さ、幅、各90センチ、奥行き35センチ、もう一つが貯湯ユニット。高さが190センチ、幅75センチ、奥行き44センチある。「ブーン」という小さな稼働音がしているが、家の中に入ると聞こえないと言う。

この燃料電池の仕組みを説明すると、地下の配管を通ってきたLPガスが発電ユニットに入ると水素が取り出される。そして、「スタック」と呼ばれる燃料電池の心臓部分で、この水素と空気中の酸素が化学反応をおこし、電気を生み出す。お湯は、発電ユニットの排熱で沸かす。石油などの化石燃料とは異なり、地球温暖化の原因とされる二酸化炭素が発生しにくいとして注目を集めている。利根川さんに台所へ案内してもらおうと、給湯や発電を操作するリモコン（縦14センチ、横12センチ）が壁に取り付けてあった。その液晶画面には、「今日の発電は3.1キロワット、約77円」と表示されていた。この日の電気量と節約できた電気代だ。この燃料電池システムでは、台所と風呂の給湯を賄い、電気は一般と同じ電力を併用する。とねがわさんは妻との2人暮らし。「環境保全に個人でも貢献したい」と昨年12月10日に設置した。今年1月の光熱費を昨年1月分と比べると、ガス代は3515

円増えたが、電気代は逆に 13140 円減り、9625 円の節約となった。「昨年とは生活パターンも違うので単純に比較できないけれど、予想以上」。

戦略会議は「福岡水素戦略」と題し、前原市での実証を始めとした水素エネルギーの実用と普及を図っている。各国の水素関連の研究者らが集う水素先端世界フォーラムもその一環だ。2月5日には、戦略会議メンバーで最先端の水素研究に取り組む九州大学の伊都キャンパスをフォーラムに参加した大学や企業の研究者らが訪問。同大側の研究担当者は、水素が金属を劣化させる原因の解明や、金属疲労を起こしにくい材料の開発などについての研究成果を紹介。研究設備の配置や配管や排気口に囲まれた室内で、熱心なやり取りが続いた。

前原市の団地は、「燃料電池システムを設置できる広さのある敷地」「一戸建てが多い住宅団地」などの条件に合うことから、実証の場選ばれた。昨年5月、戦略会議が市を通じて住民に呼びかけ、215件の応募が寄せられた。実証中の燃料電池システムは新日本石油製で、各戸の機器が逐一、故障の有無や発電量などを同社横浜製造所に自動送信。データはコンピューターに蓄積され、システム改良に活用される。

南風台にあるLPガス貯蔵基地に足を運んでみた。案内してくれた西部ガスエネルギーのさっかさんによると、LPガスはここで液体から気体に処理され、地下の配管を通過して二つの団地に届けられる。実証の参加者は「省エネや環境に対する意識が強まった」と口をそろえる。実証の費用は1戸につき、システム本体は300から400万円、工事費が100万円程度、国がシステム本体に220万円、県が工事費に40万円を補助。各家庭は基本的には光熱費のみを負担している。

普及に向けては、コストダウンが最大の課題となる。「いくら環境によいと言っても、初期投資が高すぎると、二の足を踏むことにはなるのではないか」。今春から、複数のメーカーが家庭用燃料電池システムの本体販売に乗り出す。県の担当課は「数年前、システム本体は約800万円であった。メーカーは約50万円を目標にしている」と価格低減への取り組みが進んでいると説明。「実証は、技術開発やコストダウンを後押しするので、意味が大きい」と期待を寄せている。

国内では家庭用燃料電池システムの実証は2005年度から本格化した。財団法人新エネルギー財団によると、設置先1戸を1件と数えると、2005年から2008年度で3307件に上る。このうち福岡県での実証は215件で、東京都の399件、神奈川県379件に次ぐ。福岡県のように、自治体や企業などが連携して大規模に実施するケースは珍しいと言う。資源エネルギー庁燃料電池推進室の川原室長は、「前原市での実証の規模や、産学官で連携した取り組みの姿勢、九州大学など核となる研究機関のレベルの高さを考えると、福岡県は全国の最先端地」と話す。水素は自動車の動力としても期待され、約120の企業・団体でつくる燃料電池実用化推進協議会は、15年からの燃料電池自動車の市販を目標に掲げる。しかし、水素と酸素の化学反応を促進するには高価なプラチナが必要なことなどから、現時点では1台作るのに数千万円のコストがかかるとも言われている。

## 2009.1.29 読売 西部ガス、家庭用燃料電池、販売へ

2009年1月29日日経「燃料電池東ガスなど6社で発売 家庭の負担 180万円超 政府補助140万円 初年度目標4000-5000台」

東京ガスや新日本石油など都市ガス、液化石油ガス（LPG）の大手6社は、2009年度から家庭用燃料電池を1台320万円強で発売すると発表した。政府は設置家庭に上限140万円の補助金を出す方針のため、家庭の負担は180万強になる見通し。6社は共通の名称「エネファーム」として、初年度に合計4千から5千台の販売を目指す。エネルギーを高い効率で利用する環境性能を強調し、早期の普及を狙う。

同電池は現在は実証試験の段階で、一般販売するのは初めて。6社は東京ガス、大阪ガス、新日石の他に西部ガス。出光興産と三菱商事が出資するアストモスエネルギー。一台当たりの本体価格は320万から346万5千円。導入家庭には割安な価格でガスを供給し、年間の光熱費は従来より5万から6万円安くなるという。ただ、初期負担を導入後の光熱費の割安分だけで補うには30年以上かかる計算だ。

6社はまず主にハウスメーカーなどが作る新築住宅向けに販売する見込みだ。「10年度に新日石だけで年間販売を1万台に増やす」。量産効果を高めて、15年には普及価格帯の一台50万円—60万円まで販売価格を引き下げたい考えだ。電力各社は給湯や厨房でガスを使わない「オール電化」の普及を進めている。ガス各社はガスを使う燃料電池を普及させて、対抗する狙いもある。

2009.1.20 日経 燃料電池、新日石が代理店網、100社組織、10年度目標1万台

2009.1.10 読売 牛糞から燃料電池、低コストで二酸化炭素ゼロ、帯広畜産大と住商開発

2008.12.26 日経 燃料電池、微生物活用をめど、サッポロ、食品廃棄物で水素

2008.10.20 日経 パソコン、電源なしで長時間使用、ノート型向け、最小燃料電池、パナソニックが開発

2008.8.28 日経 種類違う燃料電池を連結、発電効率、従来の2倍に、東ガスなど、東工大で実証実験

2008.8.22 日経 家庭用燃料電池、新日石、4枚台量産

2008.8.22 日経 家庭用燃料電池に補助、温暖化対策で来年度概算要求、排出削減へ、普及促す

2008.8.9 日経 燃料電池車、より安く、九大が基礎技術開発、触媒にニッケル使う

2008.8.2 日経 家庭用燃料電池を量産、新日石、100億円投資、15年度に年産4万台

2008.7.12 日経 燃料電池、低価格に、日清紡・東工大、カーボンで白金代替、車用なら40万円安く、来年度に技術確立、車・素材メーカー、成長市場、開発競争、家庭用も普及期待

2008.7.5 日経 水素ステーション、標準仕様、10年までに、トヨタや新日石など、燃料電池車普及へ

2008.7.1 日経 家庭用燃料電池、松下製、ガス3社販売、100万円想定、来年投入、15年メドに20万台

2008.4.28 日経 東ガス、三菱重工、都市ガスで水素効率よく、製造装置大きさ三分の一、燃料電池車後押し

2008.4.15 日経 家庭用燃料電池、松下、初の量産、発電効率が世界最高、15年に50万台目指す

2008.3.31 日経 TOTO参入、家庭用100万円、燃料電池普及へ価格三分の一に、11年度発売、陶器技術を応用

2008.2.29 日経 温暖化ガス削減に弾み、燃料電池付きエコ住宅、積水ハウス、標準装備で発売

2008.2.15 日経 燃料電池用貯蔵タンク、マッチ箱サイズに水素9リットル、東北大学と日本製鋼所、携帯機器利用目指す

2008.1.13 日経 水素カー、燃料どう供給？運搬・搭載法探る、製造は余力十分

2008.1.11 日経 廃熱使い水素効率製造、東芝、発電や燃料電池向け、2年後めどに実証プラント

2007.11.27 日経 二酸化炭素大幅削減の新電源、家庭用燃料電池量産へ、来年度、松下が専用工場、荏原・東芝も体制整備

2007.11.8 日経 マツダ、ノルウェーに納入調印、水素燃料車、一歩ずつ、まず30台、普及の足掛かりに

2007.10.12 日経 燃料電池車、国際基準10年までに、国連部会で各国合意、日本案軸に作成

2007.10.11 日経 家庭用燃料電池で提携加速、新日石、コスモに供給、出光、東芝から装置、09年度本格発売、競争が激化

2007.9.15 日経 白金使わず燃料電池、ダイハツ、軽自動車搭載目指す、コバルトやニッケル利用、低コスト技術、環境車需要で希少金属高騰、日産・ホンダも技術開発競う

2007.8.31 日経 燃料電池車向け水素、貯蔵量1.5倍、充填1回で600キロ走行、サムテック、タンク改良

2006.8.22 日経 家庭用燃料電池、新日石とJエナジー提携、量産でコスト削減、開発や保守も共同化へ、現状は1台500万円、今年度末1200台へ、大幅な下げ不可欠

2005.1.6 日経 地域プロジェクトの明日、家庭に供給、電気や熱に、山口水素タウン構想、工場からパイプライン

2004.12.7 日経 東ガス、松下、荏原が世界初、燃料電池、家庭へ、課題はコスト、環境売り込む、発電の排熱利用で高効率、電気ガス代節約

2004.6.4 日経 エタノールなどの代替エネルギー、利用や開発、米で急加速、GM・フォード対応車種を拡大、シェブロン・BP燃料電池で攻勢

2004.1.27 日経 風呂やTV燃料電池で、松下、荏原、交換3年不要、来年に発売へ、課題はコスト50万円台目指す

2003.10.11 日経 燃料電池、自社開発を加速、ホンダ、心臓部製造に成功、日立、水素充填機安く、欧米勢を追撃

2003.8.29 日経 都市ガスから水素抽出、東京ガス、三菱重工、特殊薄膜で効率化

2003.8.29 日経 新日鉄、燃料電池に参入、据え置き型2005年春に発売、部品寿命4万時間超

2003.6.29 日経 燃料電池、パソコン内蔵、NEC、連続40時間稼働、ナノテク応用

2003.6.13 日経 動き出す水素ビジネス、コスト、安全性の壁、量産技術で先陣競う

2003.6.12 日経 動き出す水素ビジネス、「メジャー」へ合従連衡、エネルギー流通激変

2003.4.11 日経 燃料電池、「日立」が総力、2005年参入、グループの技術結集、次世代他業種競う

2003.4.4 日経 次世代燃料電池効率競う、「固体酸化物型」の研究進む、

2003.3.9 日経 水素社会、エネルギーが変わる、燃料電池実用先陣争い

米会計事務所の推計によれば、燃料電池車の実用化などが順調に進めば2020年までに1兆7千億ドル（約200兆円）の巨大市場が育つ。

2002.11.19 日経 燃料電池車を来月発売、トヨタ国内初、まず省庁へ

2002.9.30 日経 新型燃料電池開発へ、天然ガスの利用促進、経産省・大阪ガス2005年度実用化、小型で高効率

2002.8.14 日経 燃料電池、据え置き型量産、荏原、水素ボンベ方式、家庭用視野にノウハウ、家庭向け2004年度商品化、メーカー各社、価格などに課題

2002.7.31 日経 燃料電池車、来年度中に発売、日産、2年前倒し、日本限定

2002年7月26日日経「トヨタ・ホンダ、燃料電池車発売へ、究極の低公害車「実用化」幕開け」

2002年7月21日日経「水素貯蔵する有機物 燃料電池用に開発へ 新日本石油」

新日本石油（旧日石三菱）は20日、燃料電池のエネルギー源となる水素を有機物質に結び付け、持ち運びや貯蔵をやすくする世界初の技術の開発に取り掛かることを明らかにした。2010年までに基礎技術を確立し、2020年の実用化を目指す。ガソリンなどから水素を取り出すこれまでの方式は、化学反応の過程で地球温暖化の原因となる二酸化炭素が出る欠点があったが、新技術が実用化されれば二酸化炭素の排出を抑えることができ、燃料電池の普及を大きく後押しすることが期待される。新日石が開発するのは、必要に応じて

水素を結び付けたり、切り離したりして水素の「運搬役」となる特殊な有機物質だ。この技術が確立すれば、例えば赤道直下で太陽光発電を行って水素を作り、「運搬役」に結び付けて日本に持ち込むといったことも可能になる。そのため、エネルギーの安定供給にもつながる。

#### **2002年7月18日日経「燃料電池 実用化へ連携、搭載車を公道試験、自家発電の実証研究も、官民プロジェクト始動、燃料電池車の普及 政府後押し、インフラ整備に弾み」**

次世代エネルギーの主役と期待される燃料電池の実用化へ向け、官民共同プロジェクトが始動する。経済産業省が17日発表した計画概要によると、「燃料電池自動車」「水素供給施設」「自家発電設備」の実証試験にトヨタ自動車、新日石など26社・団体が関与、3年かけて課題を探る。

#### **2002年7月12日「燃料電池車 GM、日本で公道実験、トヨタは年内発売 主導権争いに熱」**

#### **2002年6月13日「熱電併給 相次ぎ家庭向け、光熱費を削減、三菱重工 燃料電池実用化メド」**

三菱重工は12日、都市ガスを燃料とする固体高分子型燃料電池の実用化にメドをつけたと発表した。家族5人の平均的家庭で光熱費を年間約五万円節約できるという。同型の燃料電池は運転停止後に燃料ガスが機器内に残り、触媒が劣化しやすかったが、同社はこの問題を解決、高さ102センチ、横80センチ、奥行き32センチとベランダにも置ける小型化にも成功した。都市ガス会社を通じて2005年に発表する。実験段階で出力は1キロワットだが、商品化の際の出力は未定。価格は1台五十万円から六十万円となる見通し。量産化が進む2010年ごろには20万から30万円と見込んでいる。家庭用コージェネはエンジンを利用する方式と燃料電池方式に大きく分かれる。技術開発が先行しているのがエンジン方式で、コストは燃料電池に比べ割安。一方、燃料電池は燃料から水素を取り出して化学反応させることで発電するため、燃料を燃焼させるエンジン方式よりも二酸化炭素の排出や騒音が少ない。

#### **2002.2.26 日経 燃料電池車など普及促進、米、30億ドルの税優遇、燃料規制に労組は反発**

#### **2002年1月20日日経「燃料電池 携帯機器向けに 東芝・日立、来年にも実用化 パソコン駆動連続10時間」**

東芝と日立製作所はノート型パソコンなど携帯機器向けの超小型燃料電池を相次ぎ開発、2003年にも実用化する。現行の充電池と比べ充電が不要で長時間使用できるため、携帯機

器が大幅に使いやすくなる。動画の送受信など電力消費が多い高度な情報機器の開発も容易になる。次世代電池の本命である燃料電池は米企業も試作しており、国際開発競争が本格化する。

### **2001年12月27日読売「燃料電池電気供給 電力事業参入を後押し 送電線使わず 発電所は不要 環境効果も大」**

丸紅がキリンビールの工場に熔融炭酸塩型と呼ばれる新型燃料電池を導入して電気を供給することは、昨年3月の電力小売りの一部自由化以降も足踏み状態になっている電力事業への新規参入の動きを後押しする可能性がある。商社などが燃料電池を使った電力供給を本格化すれば、電力会社の発電計画にも影響を与えるとみられる。

現在、電力の自由化は最大電力二千キロワット以上の大口需要者向けで、小売りの新規参入が認められている。しかし、電気を送るには電力会社の送電線を有料で借りなければならず、新たな発電所の建設も簡単ではない。このため、新規参入者が大口全体に占める割合は0.4%だけで、「電力事業は非常に厳しい」のが現状だ。経済産業省は自由化の範囲を広げ、送電線の使用量も見直す方向で検討を進めているが、従来の火力発電方式では環境対策が必要なことには変わりはなく、新規参入者が電力供給力を大幅に拡大するのは難しかった。このため、日本の電機メーカーは発電出力が50から200キロワットと比較的規模の小さいリン酸型燃料電池の普及を進め、現在約200基が導入されている。ただ、小型なため需要のごく一部しか賅えず、コストもかさむのが弱点だった。丸紅が導入する熔融炭酸塩型燃料電池は、開発が進めば、発電出力が最大で約十萬キロワットと、中規模の発電所並みの能力を持つことが期待されている。また、発電600度以上の高熱がでるため、余熱で発生した蒸気でも発電でき、リン酸型より効率も大幅に向上している。大きなビルや工場の電気のほとんどを賅い、さらに工業団地など地域一帯の電気を供給することもできる。送電線などを既存の電力会社に依存せずに参入でき、しかも環境面での効果も大きいことから、新規参入者は大きな武器を得たことになる。一方、既存の電力各社は向こう二、三十年の需要を見越して発電所計画を練っており、燃料電池の普及が進めば、こうした発電計画の見直しを迫られることになる。長引く不況で産業用の電力需要が落ち込み、東京電力がすでに今年二月、発電所の建設計画を一時凍結する方針を決めているが、今回の燃料電池の導入は、これまでの電力をめぐる勢力図を大きく変える可能性もある。丸紅は、キリンのビール工場の排水処理過程で発生するメタンガスから水素を取り出し、燃料電池で空気中の酸素と反応させて電力を供給する。

### **2001年2月14日日経「燃料電池車、来年にも実用 水素供給に3方式、マツダなどが走行試験、排ガス規制で拍車」**

独ダイムラー・クライスラーとマツダは13日、走行試験を始めると発表。ホンダも独自開発した電池を使って、米国で公道試験を始めた。三社のほか、トヨタ自動車や米ゼネ



ラル・モーターズ GM など大手メーカーも性能テストを急いでおり、各社は1年から3年後をメドに実用化に踏み切る。電池に必要な水素の供給方法や装置のコスト削減など課題が克服されれば、将来は自動車だけでなく家庭の電源など幅広い用途が期待される。

#### **2001年1月4日「燃料電池の発電システム 家庭用向けに商品化へ 日石三菱が3年後メドに」**

石油元売り最大手日石三菱は三日、燃料電池を使った家庭用発電システムを、2004年をめどに、家庭用向け市場に本格投入する計画を明らかにした。標準的な1キロワットの発電システムで価格を百万程度に抑えて市場投入、最終的には、二十万円程度まで安くしたい。

#### **2001年1月1日「トヨタ・GM・エクソン 燃料電池車を共同開発 2003年にも市場投入」**

トヨタとGM、国際石油資本（メジャー）の米エクソン・モービルの3社が現在のガソリン車に代わって、21世紀に主流となる次世代自動車の「燃料電池車」共同開発する方向で最終調整に入ったことが31日、明らかとなった。ガソリンから取り出した水素を化学反応させて電気を作り、車を動かす仕組みだ。燃料電池車は世界的な統一規格が定まっていないが「トヨタ・GM・エクソン連合」は世界標準の確立を目指し、主導権を握る考え。米カリフォルニア州が2003年から市販車の10%を二酸化炭素を出さない無公害車とするように自動車メーカーに義務付けるなど、世界各地で環境規制が強まっており、自動車メーカーは動力源としてガソリンを燃焼させる現在の方式からの転換を迫られている。

#### **2000年12月19日読売「二酸化炭素排出抑制へ 家庭用燃料電池 数年後に実用化 発電効率は火力の2倍」**

必要な電気を自宅で作る小型燃料電池の開発が急速に進んでいる。地球温暖化の原因になる二酸化炭素の発生量が少なく、発電効率もよい。燃料電池車とともに数年後にお目見えしそうだ。

燃料電池の普及には、国も力を入れている。資源エネルギー庁が2年前にまとめた長期エネルギー需給見通しでは、2010年度には国内発電容量の1%程度に当たる220万キロワットを燃料電池で賄うと予測している。

燃料電池は発電装置の一種で「仕組みは、水の電気分解の逆」。電解質を挟んでマイナス電極に水素、プラス電極に酸素を通すと、電解質の中を水素イオンが移動、酸素と結び付いて水になる。この反応で電気が流れる。東京ガスでは、2年前から都市ガスから取り出した水素を原料とする家庭用燃料電池の実用化を図ってきた。この方式だと家庭に来ている都市ガスを使える。燃料電池には100年以上の歴史があるが、これまでは専ら業務用で、家庭用は難しいと考えられてきた。リン酸などの電解質は200度以上の温度でないと作動せず、設備も大掛かりになるため。しかし、プラスチックに似た膜を電解質にし、

常温でも作動できる固体高分子型燃料電池の開発によって小型化が可能になった。生じる熱を給湯などに活用すれば、発電効率は火力などの2倍の80%にまであげられる。環境への負荷も小さい。東京ガスの実験で、家庭で使う電気の半分を燃料電池に切り替えたら、二酸化炭素と窒素酸化物の排出量はそれぞれ24%、56%減。年間高熱量も19%下がった。5年後には、家庭の消費電力の3分の1を発電できる機種の開発を目指している。価格は50万程度になりそう。同じころ、燃料電池車も市販されそう。2004年の量産化計画を打ち出したダイムラー・クライスラー社を始め、国内の乗用車メーカーもこぞって実用化の準備を進めている。

### 2000年12月12日日経「国際標準を競う、水素供給でせめぎ合い」

<エコカーの本命>環境対応型の自動車（エコカー）には幾つかの方式があるが、次世代の本命とみられているのが燃料電池車である。水に電気を通す電気分解では水素と酸素ができるが、燃料電池はこの逆の化学反応で、燃料の水素と空気中の酸素を結合させ、電気エネルギーを取り出す。燃料電池車は、燃料電池で発電しながらモーターで走る電気自動車である。水の電気分解と逆の反応であるため、燃料電からの廃棄物は水だけと極めてクリーンである。燃料電池の技術開発で先行するのがカナダのバラード・パワー・システム社である。ダイムラー・クライスラーとフォード・モーターの両社は、いち早くこの技術に目を付け、バラード社と提携した。このグループで燃料電池車市場をリードすることを狙っている。これに対する勢力とみられているのが、電気モーターとガソリンエンジンを効率よく組み合わせるハイブリッド車を、いち早く市場に投入したトヨタ自動車である。トヨタ自動車は、独自の技術開発を進めると共に、GMとも燃料電池車の開発で提携している。

<水素の供給方式は大別して4つ>燃料電池を巡っては、燃料電池への水素の供給方式は、多く分けると、純水素を供給する方法と、メタノール、天然ガス、ガソリンのそれぞれを改質して取り出した水素を供給する方法の4つがある。純水素を供給する方式はさらに、水素吸蔵合金(水素を貯蔵する特殊金属)を使う方法、高圧でガス充填した水素を使う方法の2つに分けられる。燃料電池車の究極的な姿は、純水素を供給する方式になると考えられているが、そこに至るまでの過渡期には、ガソリンやメタノールなどの液体燃料を使う方式が有力とされている。既存のガソリンスタンドがそのまま利用できるという点ではガソリンが有利であるが、ガソリンは、メタノールより炭素成分が多く、水素を多く作れないと言う難点がある。一方、メタノールは、供給するためのスタンドを新たに作る必要があり、毒性の問題もある。

<まずメタノールかガソリンか>燃料については、現在のところ、ダイムラー・クライスラーがメタノールの採用を表明し、GMがガソリンの採用を目指している。ガソリンの改質は、他の液体燃料に比べ、技術的にも困難とされていたが、GMとエクソン・モービルは今年夏、ガソリンの改質の普及型技術の開発に成功したと発表。両者の争いが、どのように

決着するかは、予断を許さない。しかし、しずれにしても、燃料インフラも含め、いち早く実用化にこぎつけ、多数派を形成した方が有利になることは間違いない。このため、現在では、自動車メーカーと石油会社が共同開発を進める動きも活発化している。日本では、資源エネルギー庁が「燃料電池実用化戦略研究会」を発足させ、標準規格の策定に向けた検討作業を進めている。

#### **2000年11月27日日経「三菱商事、三井物産、メタネックス、燃料電池車を普及」**

三菱商事、三井物産とメタノールの世界最大手であるカナダのメタネックスの三社は共同で、日本での燃料電池自動車の普及活動を進める。燃料電池車は次世代の低公害車の本命で2003年にも実用化される。三社は自動車や石油会社、官公庁と連携し、情報提供などを通じて燃料電池車の開発や燃料供給のインフラ整備を後押しする。メタノール大手が二大商社と組むことで、燃料の水素をメタノールから取り出す方式が日本で主流になる可能性が高まってきた。メタネックスは年間三千万トン弱のメタノール市場で25%を占め、独ダイムラー・クライスラーやカナダの燃料電池会社バラードなどと提携している。三菱商事と三井物産は輸入メタノール市場で合計40%のシェアを持ち、燃料電池車普及後の市場拡大に布石を打つ。三社は推進委員会を設立、日本での普及活動を具体策を詰める。

まず、特定のモデル地域を設定、メタノール供給スタンド運営の実績を検討する。欧米では燃料電池を搭載したバスの運行が一部で始まっており、日本でも地方自治体などと協力してバスやトラックなど公共部門への燃料電池車の導入を働きかける。自動車、石油メーカーには燃料電池車の世界の開発動向に関する情報やメタノールのサンプルなどを提供する。燃料電池車への水素供給法では、GMがガソリンから取り出す方式を開発するなど、世界の自動車、石油会社を巻き込んだ主導権争いが激しくなっている。三菱商事などは装置が小型化でき、保守も比較的容易なメタノール方式が主流になると判断している。

#### **2000年11月7日日経「三菱重工、三菱自動車、ダイムラー、燃料電池車で提携、3社、開発費分担、小型、5年以内に量産」**

三菱重工業、三菱自動車工業はガソリンエンジンに代わる21世紀の自動車動力源の本命とされる燃料電池の開発で、独ダイムラー・クライスラーと提携する。来年はじめての合意を目指す。三社は、1千億円を超える開発費を分担し、4年から5年以内に小型で軽量の燃料電池車を共同開発して量産化する。燃料電池車の開発ではトヨタ自動車とGM、フランスルノーと日産自動車がそれぞれ提携している。ダイムラー・三菱連合は規格が統一されていない燃料電池車の開発で主導権の確保を目指す。

三菱重工業は、発電プラント向けの燃料電池で実績があり、メタノール改質技術に強みを持つ。燃料電池車で先行したダイムラー・クライスラーもメタノール改質の車両を試作しており、技術を共有しやすい。これに対し、米GMはガソリンの改質技術を本命視している。ダイムラー・クライスラーと三菱グループは今後、実用化のための課題とされる燃

料電池システムの小型・軽量化に取り組むほか、耐久性に優れた安価な燃料抽出装置を共同で開発する。提携範囲が燃料電池車だけでなく、ハイブリッド（エンジン・電気モーター併用）車など自動車向け環境技術や発電装置の開発に広がる可能性もある。ダイムラー・クライスラーは米フォード・モーターと共同でカナダの燃料電池ベンチャー企業、バラード・パワー・システムの大株主になっており、三菱グループは今回の提携でバラードの技術を活用することが可能になる。ダイムラー・クライスラーの日本法人はすでに日石三菱と燃料電池車の燃料供給インフラの共同研究を始めている。

#### **2000年8月12日 日経「燃料電池車 普及へ新技術、米GMとエクソン、ガソリンから水素抽出、既存スタンド活用可能に」**

GMとエクソン・モービルは10日、低燃費、低公害型で次世代自動車といわれる燃料電池車の普及型技術を開発したと発表。同自動車の燃料源となる水素は運搬、貯蔵が難しいことからネックとなると見られていたが、水素をガソリンから取り出す技術を確認し一般普及にメドをつけた。米フォード・モーターもこの技術を採用する公算が大きく、燃料電池車はガソリンスタンドと言う既存インフラを活用した形で広がる可能性が強まっている。GM、エクソンは今後18ヶ月以内にこの技術を使った試作車を製作、2003年前期の実用化に向けて公道などでの走行試験に乗り出す。フォードもエクソンと合併する前のモービルと同様の技術開発を進めていた関係で、現在はエクソンと共同開発に当たっており、ほぼ同様の技術を使うと見られる。GMとエクソンが開発したシステムは改質器と呼ばれる装置を使ってガソリンから水素を取り出す。化学反応が始まる温度を千℃前後まで下げられるようにし、装置の軽量小型化で燃料電池車価格の大幅引き下げにつながるうえ、燃費効果の向上も可能にした。GMによると、燃費効率率は通常のガソリンエンジンの二倍、二酸化炭素や窒素酸化物の排出量も大幅に減少する。

#### **2000年5月7日 日経「低公害車、水素が”重荷”に、電気起こす燃料、供給方法難しく、燃料電池車の燃料は？」**

エンジンの代わり、燃料電池を動力源に使う電気自動車が期待を集めている。化石燃料を燃やすと有害物質の発生や地球温暖化などの環境問題が避けられないが、水素と酸素を反応させる燃料電池なら無害な水ができるだけだ。ただ問題は、その水素をどう供給するか。未来の低公害車を目指し、様々な知恵が絞られている。

燃料電池は水の電気分解とちょうど逆の反応を起こしてエネルギーを取り出す発電装置だ。酸素は空気中にあるが、水素は人為的に供給する必要がある。最も単純な方法は、水素そのものを自動車に積んでしまう方法。2002年にダイムラー・クライスラーが欧州で発売する予定の燃料電池バスがこの方式。燃料電池自動車の実用化第1号となる。天井に巨大なボンベを積み、圧縮した水素ガスを蓄える。「ディーゼルエンジン並の馬力を出すには、高純度の水素が必要」。そのためにはボンベ方式が一番だが、かさばるのが難点。同社もこ

の方式は搭載スペース

を確保できるバスに限られると見ている。事故の際に水素の引火・爆発を防ぐには、ポンペを丈夫で軽い炭素繊維などで覆う必要もある。

よりコンパクトにするには液化すればよい。ただ、極低温に冷やす必要があるうえ、液体水素はポンペの金属分子の隙間から外部に漏れて毎日1%ずつ蒸発してしまう。水素ガスを吸い込んで蓄える特殊な「水素吸蔵合金」を使う方法もあるが、十分な水素を貯蔵するには多量の合金が必要で、車体が重くなる。そこで考えられているのが、別の液体燃料を積み、これを分解して水素を作り出す方法だ。ダイムラーや米フォード・モーターズなどは、メタノールが本命と見ている。ただ、300℃以上の水蒸気を加えて反応させる必要があり、装置がどうしても大きくなる。メタノールには毒性や腐食性があり、運搬や保管には注意が必要である。

一方、ロイヤル・ダッチ・シェルや米エクソン・モービルなど石油会社は「ガソリンから水素を作ればよい」と主張する。既存の供給設備をそのまま使えるからだ。しかし水素を取り出すのはメタノールよりもずっと困難で、900℃の水蒸気が必要。温度を高めて走り出すまでに、10分間はかかるとされる。芳香族炭化水素のシクロヘキサンという物質を利用する考え方もある。水蒸気を使わず比較的低温で水素を取り出すことができ、ガソリンと同じ供給設備を利用可能。しかし、やはり毒性がある。このほか天然ガスのメタンも水素を含んでいるが、水素を取り出すのはガソリン同様に困難。家庭やオフィスで使う自家発電装置に都市ガス網を通じて供給するにはいいが、自動車には難しそうだ。

そんな中でこのところ注目されているのが、工学院大学の須田精二郎教授が開発した液体燃料だ。金属のリチウムとホウ素。水素の化合物を水に溶かした液体だ。これを特殊な金属に触れさせると、常温常圧で水素が出てくる。試算では、1リットルの燃料でおおよそ8キロメートル走行可能だ。

使用済み液体に再び水素を吹き込めば、何度でも繰り返し利用できる。給油所でリサイクルする仕組みを安く実現できれば、価格も軽油並みに抑えられると期待している。もっとも、生産体制や供給基盤を整備するためには、巨額の投資が必要となる。いずれも一長一短のある水素の供給源。何が本命か、現時点で見極めは難しい。自動車メーカーや電機メーカーは、2年から4年後の実用化を目指して車載用燃料電池の研究開発を競っている。候補はこの中で絞り込まれてくるだろう。

## 8. 炭素繊維の現状と将来？

### 炭素繊維とは

アクリルを高温で熱処理して生産する軽量・高強度の産業用繊維。2007年の世界需要は約35000トン。樹脂と組み合わせた複合材料の「炭素繊維強化プラスチック」が航空機、自動車向けの部材として急速に普及すると予想され、炭素繊維の需要は12年には約7万トン

に拡大する見通し。炭素繊維にはコールタールなどを原料とする別タイプもある。価格が高く再資源化が難しい弱点はあったが、炭素繊維製の部品を低コスト化するための成型加工技術、リサイクル技術の開発が進み、本格普及期を迎えようとしている。炭素繊維の生産量と耐用年数などから推計し、使用済み炭素繊維強化プラスチックの量は25年に4万トン近くになると予想される。

#### 日経 2018.2.10 東レ、再浮揚へ2つの翼、営業益4~12月8%増、炭素繊維、航空機需要が回復

・・・炭素繊維と電池部材の2つのエンジンの成長。・・・米ボーイング社の低燃費航空機の機体にも使われている炭素繊維の複合材料。16年秋ごろから苦戦。原油安を背景に燃費の良い航空機需要に陰りが出た。機体メーカーの歩留まりの改善もあり、在庫がだぶついてきたため。欧州では高級自動車向けの需要もユーロ高で弱含み。米国を襲ったハリケーンの余波で原料である「アクリロニトリル」も高騰。この3重苦で東レは炭素繊維を減産。だが、ここにきて原油価格が回復し、燃費に優れた中小型機の需要は強まっている。在庫調整にもメドが付き、航空機向けは「1~3月から炭素繊維をフル生産する」。

#### 日経 2017.2.27 インフラ向け炭素繊維、積水化学が参入、用途拡大、複合樹脂、まず止水板

積水化学工業は、炭素繊維事業に参入する。従来の半分のコストで樹脂との複合材をつくる技術を確立。鉄を代替するインフラ資材として供給する。軽くて1人でも作業がしやすいため建設現場の人手不足解消にもつながる。東レや帝人など大手の炭素繊維事業は航空機や発電用風車を中心だが、積水化学はつながりが深い建設・土木向けで商機を探る。炭素繊維の実用範囲が一段と広がる。

炭素繊維は、鋼鉄の4分の1の軽さながら強度は10倍以上とされる。世界首位の東レと帝人、三菱ケミカルホールディングスの世界シェアの6割を占め、糸から複合材までを一貫して手掛けている。積水化学は糸を東レなどから調達し、樹脂をまぜて炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を生産する。2017年度にも滋賀県の工場に50億円を投じて生産・研究拠点を新設する。熱で軟らかくなる「熱可塑性樹脂」を採用。従来は熱を加えて固める製法が一般的だが、量産性が低く、製造コストは鋼鉄の2倍以上だった。積水化学の製法は成形機でも加工しやすく、製造コストは従来の半分程度になる。素材メーカーでは、住友ベークライトなども糸を外部調達してCFRP事業を手掛けるが、用途は自動車部品などが中心。積水化学は水道管などの資材を手掛け、建設業界とのつながりが深い点で特徴があり、炭素繊維の用途拡大の可能性が広がる。まず、17年内に地下空間への水の侵入や河川の氾濫を防ぐ止水板を商品化する。アルミ製よりも大幅に軽く1人で運搬や設置がしやすい。その後は、CFRPを橋げたに巻きつけたり、トンネル内の壁に貼って構造物の強度を高めたりする補強材として供給する。20年度に炭素繊維事業で100億円の売り上げを目指す

す。調査会社の富士経済の予測では、15年のCFRPの世界市場は1兆2千億円で、30年には3.7倍の4兆5千億円で成長する。建築・土木向け比率は全体の約2割と、航空機に次ぐ用途となりそうだ。自動車向けでも炭素繊維の用途が広がる。東レは18年に愛媛県の工場に50億円を投じ、燃料電池車用電池の電極に使う炭素繊維シートの新工場を建設する。3年内に別の工場で炭素繊維製の車両の骨格部品も量産する計画。自動車向けはレース車など一部への構造材の採用にとどまっていたが、東レは長年培った技術を生かし、炭素繊維の新用途を広げる。

#### 日経 2017.1.18 東レ、1兆円投資、来年度から3年で

東レは、2017年度から3年間で設備投資やM&Aに約1兆円を投じる。16年度までの3年間に比べ8割増となる。温暖化対策の国際的枠組み「パリ協定」の発効を受け、同社が世界シェア首位の炭素繊維の需要は急増する見通し。国内外の工場増強に加え、1千億円規模のM&Aも検討し国際競争での勝ち残りを目指す。月内にもまとめる17~19年度新中期経営計画に盛り込む。生産増強とM&Aで事業規模を拡大し、20年度の連結営業利益を16年度見込み比6割増の2500億円に引き上げる計画。設備投資は約5千億円を計画する。中心は海外で、米サウスカロライナ州では総額1千億円を投じ炭素繊維工場を17年度から順次稼働させる。日米欧の自動車大手が一斉に増産する電気自動車の関連部材工場を増強する。韓国ではEVの中核部品、リチウムイオン電池向けのセパレーター（絶縁材）生産を増やす。エアバック向け繊維や、紙おむつ向け繊維を増産する。M&Aは総額約5千億円規模になる見通し。炭素繊維や繊維、樹脂・フィルム、医療機器分野など既存事業の拡大につながる案件を検討する。東レが得意とする炭素繊維は鉄に比べて4分の1の軽さながら10倍以上の強度がある高機能繊維。燃費改善につながる素材として航空機や自動車採用が後今後増える。炭素繊維を使った強化樹脂の世界市場は25年に14年比2.7倍になる見通しで、東レは増産投資に踏み切る。日本の素材大手も大規模な投資計画を打ち出す中、東レの新中計は国内最大規模となる。

#### 日経 2017.1.11 航空機に日本の新素材、米GE採用、軽量で燃費改善、SiC繊維

次世代航空機のエンジン基幹部品に日本発の新素材が採用される。軽量で高い耐熱性を持つ炭化ケイ素（SiC）繊維という材料で、GEが最新エンジンに導入、日本カーボンなど国内2社が供給する。航空機の軽量化により、燃費改善につながる。高い技術力が必要な航空機で採用されれば、コストが下がり他分野でも普及する可能性が高い。炭素繊維に続き、日本発の新素材が広がりそうだ。

航空機では主翼や胴体といった機体でアルミ合金から炭素繊維強化プラスチック（CFRP）への置き換えが進む。機体でのCFRPの採用率はエアバスの最新機（A350XWB）では53%に達する。CFRPでは日本企業のシェアは約7割に上る。SiC繊維も製造できるのは現時点では、世界で宇部興産と日本カーボンの2社だけ。国際民間航空機関（ICAO）は航空機の国際線で2021年以降は二酸化炭素の排出量を増やさない規制を決めるなど、燃費の改善

が急務。35年の世界の旅客機需要は3万8300機と15年に比べ8割増増える見通しの中、国内素材企業の優位が続きそうだ。GEはSiC繊維を用いたセラミック複合材部品を最新エンジン「GE9X」に採用。ボーイングの次期大型機「777X」に搭載予定だ。既に300機分を受注した。GEはエンジンに取り込んだ空気を燃焼させ、高圧ガスで航空機を推進させるタービンのプレードなど4部品を、従来のニッケル合金からSiC素材に変更する。先端素材の採用や設計見直しで、GE9Xの燃費を従来比で10%改善する。宇部興産は25年までに宇部工場内にSiC繊維の工場棟を新設する。現在は試験プラントだけだが数十億円を投じ、生産能力を20倍の年200トンに引き上げ、年50億円の売り上げを目指す。IHIが複合材部品に加工する。日本カーボンが富山市にあるSiC繊維工場の年産能力を10トンと10倍に引き上げたばかりだが、GEが19年までに稼働させる米国の工場にも資本参加する。同工場の年産能力は100トン以上と見られ、共同で増産する。現在、エンジンの主力材料はニッケル合金だが、SiC素材より耐熱性に劣り、空気冷却する必要がある。SiC素材を使えば、空冷装置が不要となり軽量化できるほか空気を効率的に使い、燃費性能を改善できる。ニッケル合金に比べコストは割高だが、量産効果を引出し、合金から繊維への置き換えを狙う。

#### **日経 2017.1.10 炭素繊維工場を買収、三菱ケミカル、年1000トン規模、独社から、日本勢、競争備え積極投資**

三菱ケミカルホールディングスは4月までにドイツの素材大手SGLグループが米国に持つ炭素繊維の工場を買収する。設備や人材を引き継いで年1000トンの生産能力を獲得。需要拡大が進む風力発電機や自動車向けに素早く増産対応できるようにする。炭素繊維で高いシェアを持つ東レや帝人も投資を拡大しており、新たな用途開発などを通じて中韓勢などを引き離す。・・・

#### **日経 2016.8.18 植物由来の新素材量産、ポスト炭素繊維へ先行、日本製紙、まず職員・化粧品用**

#### **日経 2016.8.17 東レ、宇宙船に炭素繊維、スペースXと基本合意、2000億円超、軽量で高い耐久性、長期供給へ**

東レは米宇宙開発ベンチャーのスペースXと、ロケットや宇宙船の機体に使う炭素繊維を長期供給することで基本合意した。期間、価格など詳細な条件を詰め、今秋をめどに最終合意を目指す。旅行、物資輸送、資源開発など宇宙開拓に関する新市場の勃興が、日本が強みを持つ資材産業にも大きな追い風となりそうだ。

#### **日経 2016.6.17 車の鉄離れ化学に商機、日本の大手、欧州市場開拓、軽量化へ素材攻防、国内は壁高く、旭化成、独に拠点**

#### **2016.1.23 読売 炭素繊維の需要拡大、ボーイング787型機増産へ、日本メーカーも生産**



## 体制増強

### 2016.1.13 日経 炭素繊維、車需要がけん引、日系各社、強気の増産投資、取引じわり上昇

汎用品はこの1年で約2割上昇し、1キロ3000円前後。増産分のほとんどは車向け。三菱レイヨンが約1万トンの年間生産能力を2020年には約1万8000トンに増やす計画。現在の炭素繊維の世界需要は約6万トン。風力発電の羽根や圧力容器などが中心の産業用が約7割を占める。航空機やゴルフシャフトなどスポーツ用品にも使われる。自動車向けは販売価格が1000万円以上の欧州の高級スポーツカーなどに限られている。軽くて強靱な炭素繊維は近年、自動車でも金属から置き換えられ始めている。背景には世界的な環境規制の強化がある。欧州では21年までに走行距離1キロメートル当たりの二酸化炭素排出量を現在に比べて約2割減らす必要がある。燃費改善には軽量化が必須。鉄の4分の1の重さで10倍以上の強度を持つ炭素繊維は最有力の素材。

### 日経 2016.1.5 大阪瓦斯が新技術確立、炭素系新素材、価格半分に、スマホ・自動車、軽量小型化

### 2015.6.29 日経 炭素繊維、中小も挑む、得意技術で複雑加工、織物でシート状に、紙すき技術で薄く

炭素繊維需要は2020年までに現在の2倍以上に拡大する見通し。今後は自動車や電子機器での採用も増える。より複雑な形状に加工する技術が求められる。繊維や製紙などで培った技術力を生かして拡大市場の取り込みを目指している。

### 2015.1.16 日経 炭素繊維が担う最先端、世界需要、20年までに倍増に、航空機、燃料電池車に

重さは鉄の4分の1、強度は10倍以上。「魔法の糸」。ゴルフクラブなどスポーツ用品から始まった利用は、燃費改善の切り札として航空機や自動車にまで広がった。約50年前に日本で開発された「新素材」が今、檜舞台に躍り出ようとしている。

### 2015.1.7 日経 炭素繊維、最高益を牽引

シアトルに10億ドル以上を投資する大型工場の建設、ボーイングの777Xの主翼製造工場。主翼に使う素材、炭素繊維を供給するのが東レ。昨年、ボーイング社と今後10年、総額1兆円以上の供給契約を結んだ。

### 2015.1.1 読売 三菱、炭素繊維系統合へ、

三菱ケミカルホールディングスは、子会社の三菱樹脂の炭素繊維事業を、同じく子会社の三菱レイヨンに統合する。海底、宇宙分野で強み。

### **2014.12.30 日経 東レ、BMW に炭素繊維、車体用、生産増強へ 300 億円**

300 億円でメキシコ工場の生産能力を倍増する。

### **2013.1.31 日経「炭素繊維、分かれる戦略、日本勢、車市場で攻防、東レは高級路線を追求、帝人・三菱レイヨンは低コストで普及」**

航空機やプラント施設だけでなく、自動車やスポーツ用品にも市場が拡大する炭素繊維。世界最大手の東レは高価格路線で「普及よりも高収益」を追求。一方で帝人や三菱レイヨンは「低コストでの普及」で攻勢に動き出した。その主戦場が自動車市場。炭素繊維で世界シェア 7 割を占める日本勢 3 社は価格戦略を巡って激しい攻防をに突入。GM は 1 台 200 万から 300 万円程度の量販車で炭素繊維の使用を検討している。炭素繊維は鉄の 10 倍の強度があるが、1 キロ当たりの価格は鉄やアルミの 10~30 倍。東レは高級車だけに供給。ベンツ SL クラス (1190 万~3050 万円)。炭素繊維を使う複合材は 1 平方メートル (1 ミリ厚) 当たり 2 万円程度で、金属材料の 1 千~2 千円と比べ桁違いに高い。世界シェアは東レが 4 割、帝人と三菱レイヨンは合計で 3 割。高級志向の東レの牙城を崩すには、帝人と三菱レイヨンは低価格に活路を見出し始めた。

炭素繊維はプラスチックで周囲を固める技術がカギを握る。帝人は冷却すれば固まるプラスチックを採用。従来は 10 分はかかっていたが、11 年には 1 分以内で成形可能に。単純計算で 1 製品の固定費は 10 分の 1。普及できる価格まで下げるには、冷却で固まるプラスチックの採用が有効。一方、東レは熱を加えて固まる「熱硬化性」のプラスチックを使用。織物にした炭素繊維を金型に入れて樹脂を流し込むので、成形に 5~10 分かかる。冷却タイプに比べて耐熱性や衝撃強度は高い。

東レは航空機や高級車市場でシェアを広げ、炭素繊維部門の利益率は 2 桁を確保してきた。15 年までに内外に 600 億円の設備増強を計画、安売りするつもりはない。昨年 1 年間で 2~3 割下落した量販と高級路線。日本勢の価格戦略は分かれており、3 社の攻防が国際価格も左右する。

### **2012.12.2 日経「車向け炭素繊維量産、帝人、米で GM に供給、量販車に採用、鉄と競合、300 億円投資」**

帝人は炭素繊維を世界で初めて自動車向けに量産する。米国に約 300 億円を投資して、2015 年までに生産能力を 4 割拡大する。GM が量販車種に採用する計画。帝人は GM への主力取引先企業として契約を結ぶ。15 年以降に発売する一般向けの主力車種。構造材の一部分を鉄と置き換える。帝人は炭素繊維を自動車部品に 1 分以内で成形できる技術確立。従来に比べて生産速度を 10 分の 1 程度に短縮。

### **2011.12.9 日経「GM、エコカーで日本追う、帝人と炭素繊維、自前主義から脱却」**

GM は帝人と炭素繊維裁量を共同開発する。

#### **2011.11.30 日経「帝人、量産車に炭素繊維、最速設備 20 億円で、来夏試験生産、15 年採用目指す」**

世界最速の 1 分で連続生産できる設備。15 年以降に発売するエコカーへの搭載を目指す。今までは最速でも 10 分間程度かかり、コストも高かった。量産車の 1 台当たりの作業時間は 1 分が目安。

#### **2011.9.10 日経「炭素繊維の E V 試作、東レ、4 割軽量化、15 年以降に実用化目指す」**

従来に比べて 4 割軽く、衝突に強いのが特徴。衝撃を吸収する部材も炭素繊維で作られ、鉄鋼に比べて 2.5 倍の吸収性を実現、安全性を高めた。

#### **2011.8.22 日経「炭素繊維、世界へ「離陸」、航空 50%採用機秋に就航、風力、脱原発で需要拡大」**

日本企業が高い競争力を誇る先端素材、炭素繊維が離陸の時を迎えた。機体に本格採用した米ボーイング社航空機が秋に就航、風力発電など環境分野でも世界的に市場が立ち上がってきた。強度が高く軽量という同繊維の次のターゲットは自動車。大量に採用されれば収益への貢献も大きい。低コストの加工技術などの開発に挑んでいる。新型機「ボーイング 787」では、胴体から主翼まで 50%を占める。軽量化により燃費が 20%改善し、中型機でも日本から欧州まで直行便を飛ばせる。

また、「脱原発」に舵を切ったドイツでは、電力供給に占める風力などの自然エネルギーの比率を 2 倍に高める法案が成立した。

#### **2011.4.6 日経「炭素繊維 サウジ生産検討、三菱レイヨン、東レ、現地公社と合弁、原料安く、先端素材、低コストで」**

三菱レイヨンと東レがそれぞれサウジアラビアで炭素繊維の工場建設を検討していることが 5 日わかった。サウジ政府系公社との合弁事業で原料となる石油樹脂を安く調達し、産業機械や自動車などに使う先端素材を低コストで生産する。中東諸国の混乱がサウジに波及する懸念は残るが、実現すれば日本メーカーが国際競争力を持つ先端素材を中東で生産する初の事例となる。

現地の政府系化学大手のサウジアラビア基礎産業公社の CEO が、航空機の機体材料などに使う炭素繊維の合弁生産事業で日本企業と交渉していることを明らかにした。両社の生産拠点は現在日本と欧米に限られているが、世界的な需要拡大と原油価格高騰を受け原料が安く調達できる中東での生産を検討する。

#### **2011.3.10 日経「炭素繊維 10~15%値上げ、東レ、原油高で来月から」**

東レは炭素繊維の価格を国内外ともに4月出荷分から10~15%引き上げる。需要が世界的に回復しているうえ、原油高で原料コストが高騰したのが原因。2008年秋のリーマンショック前の価格水準に戻したい考え。炭素繊維の原料となる石油化学製品、アクリロニトリルの国際価格は昨年同期より2~3割以上上昇した。円高で輸出の採算が悪化したこともあり、値上げを決めた。炭素繊維は航空機やスポーツ用品向けの需要が国内外で伸びている。13年の世界需要は10年比67%増の5万トン程度に拡大する見通し。送電効率の高い電線、風力発電の羽根材といった新エネルギー関連向けの需要拡大も見込まれる。スポーツ用品や産業用に使う汎用的な炭素繊維の国際価格は10年1~3月期に1キロ20ドル弱まで下がったが、現在では28~31ドルに上昇している。東レの値上げが実現すると、33~34ドル台と2007年の直近高値に戻ることになる。

アクリロニトリルを原料とする炭素繊維では東レが世界最大手。帝人子会社の東邦テナックス、三菱レイヨンを含む国内3社で世界シェアの約7割を占める。

#### 2011.3.10 日経「帝人 1分で部分成形、車の骨格、量産車への導入狙う」

帝人は9日、炭素繊維複合材を使った電気自動車の試作車を公開。最短で5~10分かかっていた成形時間を1分以下に短縮する新技術を活用。量産性に優れる点を自動車メーカーに訴え、採用を働きかける。

試作車は軽自動車サイズで、骨格に炭素繊維複合材を使い市販のモーターとリチウムイオン電池を搭載した。骨格の重量は47キログラムと鉄製の場合の5分の1で、2人で両端を持ち楽に動かせる。成形には熱を加えると固まる樹脂を使うのが一般的だが、今回は熱によって柔らかくなり冷えると固まる樹脂を活用し成形時間を短縮した。

軽い炭素繊維複合材は燃費の大幅な向上につながるため航空機での採用が進んでいる。ただ価格が鉄の数十倍で、自動車ではスポーツカーや高級車の部品の一部の採用にとどまっている。量産車への導入には生産コストを大幅に引き下げる必要があり、成形時間の短縮は大きな課題の一つとなっている。

#### 2011.2.24 日経「合繊各社、炭素繊維が回復、東レ黒字化、帝人は赤字半減、航空機向けなど伸びる」

合繊各社の炭素繊維部門の業績が回復している。2011年3月期の部門営業損益は東レが黒字に転換する見通しで、帝人や三菱レイヨンも赤字幅が前期より大幅に縮小しそう。航空機や産業向け需要の増加により、設備稼働率が向上し、低迷していた販売価格も上昇してきた。

炭素繊維部門の営業損益がいち早く黒字転換するのは東レ。前期は53億円の赤字だったが、今期は40億円の黒字となる見込み。収益性が高い航空機用の需要が伸びており、米ボーイング社の旅客機「777」や「737」向け出荷が増える。圧縮天然ガスタンクなど産業用途も回復し「年明け以降はほぼフル生産が続いている」。2008年秋のリーマンショック後に

急落した販売価格も持ち直しており、足元の価格は10年1～3月期比30～50%上昇している。帝人はアラミド繊維を含む高機能繊維部門の営業損益が、前期の77億円の赤字から今期は35億円の黒字となる見込み。

## 2011.2.2 日経「鋼板並み強度、加工も容易、神鋼、アルミで軽量材、自動車や鉄道車両向け、炭素繊維より安く」

神戸製鋼所は自動車や鉄道車両に使える新タイプの軽量材を開発することに成功した。「発砲アルミニウム材」と呼ぶ薄い板材で、様々な形状に加工しやすく、自動車用の鋼板並みに硬い。価格もアルミ板や軽量素材として注目されている炭素繊維複合材より安いという。車体を軽くして燃費の向上を目指す自動車メーカーや鉄道車両メーカーなどへの納入を目指し、4月にも生産開始する計画。発砲アルミ材は厚さが0.15ミリメートルのアルミ板2枚で発砲樹脂を挟んだ構造。摂氏200度超に加熱すると樹脂の内部に多くの気泡ができて固まり、厚さ3ミリメートルの板になる。曲面など複雑な形状に加工できる。自動車に使われる一般的な鋼板やアルミ板並みの剛性をもち、変形しにくい。現在の自動車は車体が主に鉄でできているが、発砲アルミ材は鉄よりも8割、アルミよりも6割それぞれ軽い。また、炭素繊維複合材料よりも軽くできる見通し。ただ、溶接はできず、リベットで接合して組み合わせる。このため、自動車の床や内装材、鉄道車両の窓枠・天井、家屋の屋根や壁などに使うことを想定している。発砲アルミ材の採用が進めば、シャイ帯の軽量化や燃費の向上を見込めるといふ。

価格は1平方メートルあたり1500円程度になる見込み。鉄の1000円弱より高いが、軽量素材として期待されるアルミは2000円超、炭素繊維複合材料はアルミよりさらに数倍高いので、神鋼は発砲アルミ材には価格競争力が十分あるとみる。同社の神戸総合技術研究所でサンプルを試作し自動車メーカーなどに提供を始めた。近く協力会社の工場などで生産を始め、事業化につなげる方針。

## 2011.1.31 日経「ノーベル物理学賞ノボセロフ氏に聞く、クラフェン発見、拾ったテープ、研究の始まり」

炭素原子が1層並んでできた薄膜シート「グラフェン」の発見者で2010年のノーベル物理学賞を共同受賞した英マンチェスター大学のコンスタン・ノボセロフ教授が来日し、日本経済新聞と会見。グラフェン発見のきっかけや研究姿勢などを聞いた。セロハンテープで複数構造のグラファイトから一層のグラフェンをはがしとったきっかけは。「実はセロハンテープはグラファイト表面のごみを取るのに以前から使われていた。捨てられたテープを拾って観察したら数層のグラファイトが見えたので自然と一層だけ採取することを始めた。テープを拾ってから1年がかりで1層にたどり着いた」。

研究の進捗状況は－「高品質で大面積のグラフェン作りに取り組んでいる。半導体の性質を持たせなければ狙って作れるようになった。日本の物質・材料研究機構とも共同研究

を進めている」。

受賞は意外だったか—「驚いた。実は 3 年前にうわさが出て発表前は騒ぎに巻き込まれた。変に意識しないように努めてきた。受賞はもちろん光栄だが、研究者としてはダメージになることもある。もともと何のための研究か、好奇心の追求のためにという根本をいまでも忘れないようにしている」。

#### **2011.1.13 日経「炭素繊維、生産効率 10 倍に、東レ、帝人、自動車部品に的、5 年後めどに技術確立、新製法で量産共同研究」**

東レ、帝人、東京大学などは 2011 年度から炭素繊維の新しい量産技術の開発に共同で乗り出す。5 年以内をメドに現在の生産効率を 10 倍以上に引き上げる。軽くて丈夫な炭素繊維は今後、自動車向けに市場が急拡大する見通し。車体を軽くできるので、わずかな充電で長距離を走る電気自動車の普及を後押しできる。オールジャパン体制で次の量産技術を確立し、海外勢に先んじて国内外の需要を取り込む。共同開発には三菱レイヨンや産業技術総合研究所も加わる。経済産業省も支援する方針で、ほかの素材メーカーや加工会社などにも参加を呼び掛ける。新製法は原料を温度を変えて繰り返し加熱していた従来法の手間を省く。炭素繊維はまず一般的な原料のアクリル繊維を加熱して繊維質を整える。この対炭化と呼ぶ加工工程を省略する方法を考える。すでに新製法にふさわしい新たな原料繊維の作製技術にメドをつけた。高温にさらす一段の処理で炭素繊維の製品ができるようになる。各社がノウハウを持ち寄り、高温処理の肯定もさらに短縮する方法を探る。生産効率の向上に合わせて、熱処理に費やすエネルギーを半減するのも目標だ。新製法の炭素繊維を自動車部品に採用した場合、鉄と同レベルの消費エネルギーですみ、軽量化に伴う省エネ効果をよりアピールできる。炭素繊維の現在の世界市場は約 3 万トン。15 年には 7 万トンになるとの予測もある。用途の 5 割が建設資材などで、残りがスポーツと航空機の機体向け。すでに東レが高級車の部材向けに量産を始めるなど、今後、自動車向け市場が本格的に立ち上がる見通し。重さ 1 トン前後の自動車を 3 割軽くするには炭素繊維 100 キログラムが必要とされる。試算では 30 年ごろに世界で 1 年間に生産される自動車の 10% に採用されれば、100 万トン近くの炭素繊維が必要になる。電気自動車では 1 回の充電で走れる距離を延ばすため、車体の軽量化が課題になっている。炭素繊維の量産が進めば、電気自動車の使い勝手が高まると期待される。

#### **2011.1.4 日経「炭素繊維、複雑な形に加工、東大や東レ、三菱レイヨン、車体重量、最大 6 割減」**

東大や三菱レイヨン、東レなどは自動車の車体に使う複雑な形状の部位に加工できる新しい炭素繊維材料を相次いで開発した。筒や球といった形状の炭素繊維材料を作製、鉄を使う車体部品の多くに利用できるメドがついた。車体に炭素繊維を全面的に利用できれば、車体重量を鉄に比べて 6 割減らせるという。早ければ 2013 年にも実用化する。

炭素繊維は鉄と比べて強度が 10 倍で重さは 4 分の 1 と優れた性質を持つ。これまで車のボディやドアのような平坦な形状は作れたものの、フレームやエンジン回りといった複雑な形状の加工は難しかった。三菱レイヨンと東洋紡、東大と共同で、中空の筒や球といった形状に炭素繊維を加工する技術を開発した。幅 1 センチのリボン状の炭素繊維を作って樹脂で固めた。リボンを切って並べたり巻いたりして筒や球状にした後、加熱すれば数分で作れる。筒状の構造が多い車のフレーム部分にも適用しやすい。今後改良を進めて 12 年までに車の部品を試作、実用化を目指す。東レ、東大、東北大学、タカギセイコーなどの研究チームも、凹凸がある複雑な形に成形できる炭素繊維材料を開発した。小さな炭素繊維をばらばらな方向で均等に絡ませて不織布状にし、樹脂で板状に固めた。どの方向からの力にも強い。従来の炭素繊維材料は繊維の向きによっては力を加えると壊れたり、1 つの方向の長い繊維が入っていると加工しにくかった。新素材は深い凹凸や急角度の曲げなど複雑な形が作れ、加工後に部品同士を接合できるので車のエンジン周りの部品などにも応用しやすい。13 年にも実用化する。車体の部品はエンジンの高熱や衝突時の強い力に耐えるため、鉄が多く使われる。東レなどは設計も見直して新素材を使って鉄を炭素繊維に置き換えれば、エンジンやタイヤなどはそのままでも、車体重量は従来の 4 割になるとみている。今後、自動車メーカーにも参加を呼び掛けて実用化を急ぐ。

#### **2010.10.11 日経「応用研究、日本でも加速、炭素シート、グラフェン、薄型テレビを大型化、半導体の開発着手」**

今年のノーベル物理学賞受賞テーマとなった極薄炭素シートの「グラフェン」。英大学の 2 氏が受賞したが、日本でも性能向上へ向けた技術開発や電子部品への応用研究が加速している。グラフェンの仲間であるフラーレン（球状炭素分子）やカーボンナノチューブ（筒状炭素分子）の研究でも世界の先端を行く。日本初の優れた製品が世界に広がる期待は高い。

ソニーはグラフェンが電気をよく流す性質を生かし、有機 EL（エレクトロ・ルミネッセンス）や液晶などのディスプレイを採用した薄型テレビを大型化・低価格化する技術を開発した。溶液にシリコン基板を浸してグラフェンでコーティングし、ディスプレイ用のトランジスタに使った。現在は多結晶シリコンを加工したトランジスタを使っているが、グラフェンは塗るだけで済み大型化しやすい。印刷に似た簡単な方法で作れ、生産コストは大幅に抑えられるとみている。産業技術総合研究所はグラフェンの大型シートの量産技術を開発、10 月中にもサンプル出荷を始める。電機、素材メーカーなど数社から引き合いがあるという。シートの連続生産の実証実験にも着手。今年度中にも終え、企業と量産体制の整備を検討する。大型グラフェンシートは、丸めたりできるタッチパネルやパソコンなどの実現につながる。グラフェンを半導体などに使う研究も進む。物質・材料研究機構の塚越一仁主任研究者らはグラフェンを 2 枚重ねた電子デバイスを試作、電圧のかけ方を変えてシリコン製半導体のように電流のオン、オフを制御できることを実証した。パソコン

などの基本的な電子部品である「ロジック素子」も原子 2 層で作れ、シリコンを超える微細回路に道を開く。富士通、日立製作所、東芝、東京大学などはグラフェンで半導体を作る手法の開発に着手した。政府の総合科学技術会議が世界最先端の 30 人に巨額の研究費を助成する「最先端研究開発支援プログラム」の一環。グラフェンに微細な穴を開けると半導体の性質を持つことが知られており、シミュレーションで最適な穴の大きさと間隔を決めて実物の作製に生かす。九州大学の吾郷准教授らは高品質な単層のグラフェンの作製法を開発、名城大学発ベンチャー企業名城ナノカーボンを通じて販売を開始した。1 センチメートル四方のグラフェンが 10 万円程度。今後 10 センチメートル四方も生産できるよう設備を改良する。パナソニックはルテニウムという金属の基板を使い、単層で高品質なグラフェンを作る技術を開発した。1 ミリ角以上のシートができ、これを利用した電子部品を作る。

ベンチャー企業のイデンアルスターはフラーレンを使い、太さが約 10 マイクロメートルの糸状太陽電池を開発した。炭素繊維を芯として使い、その周りの電気を発生する層には直径 1 ナノメートルのフラーレンを分散させた。光のエネルギーを電気に変える効率は約 3% と低い、改良すれば約 10% まで高まるとみている。

静岡大学などと協力して、大きさ十数ナノメートルのカーボンナノチューブを使った太陽電池の開発を計画。カーボンナノチューブを束ねて通常の炭素繊維並みの太さにした芯を使う。炭素繊維に比べ電気を流す能力を 100 倍以上高められ、電気が流れる距離を従来の数センチメートルから数メートルに増やせる。曲げや引張に対する強度も数倍高まる見込みだ。カーボンナノチューブを半導体などに使う研究でも成果が出始めた。名古屋大学の 大野雄高准教授らは単層のカーボンナノチューブを使って半導体素子の基本である CMOS（相補性金属酸化膜半導体）の作製に成功した。高性能な大規模集積回路（LSI）などの実現につながる。

製法開発も進む。名大の宮田助教らは、低消費電力の LSI や短い波長の光まで電気に変換できる太陽電池用に、細い単層カーボンナノチューブを効率よく生産する技術を開発した。2 層のナノチューブを界面活性剤を入れた水溶液に溶かして超音波をかけると内側のナノチューブが抜け、太さ 0.6 ナノメートルの単層ナノチューブが得られる。

#### 2010.7.8 日経「炭素繊維、増産投資を再開、三菱レイヨン、産業用」

三菱レイヨンは軽量で高強度の先端素材である炭素繊維を増産する。大竹事業所に新設備を建設、2011 年春に稼働させる。年産能力を 3 割増に引き上げる。風力発電の羽根など成長が見込める産業用途の拡大を狙う。設備増強は 2009 年 10 月～12 月に実施する予定だったが、リーマンショック後の需要減で計画を凍結。欧米などの需要回復を受けて投資再開を決めた。

投資額は 120 億円で年産能力は 2700 トン。大竹事業所はアクリル樹脂原料などの生産拠点で、炭素繊維は生産していなかった。同社にとっては豊橋事業所に次ぐ国内二か所目の



拠点となる。米子会社と欧州の生産委託先を合わせた全社の年産能力は 8150 トンから 1 万 850 トンに拡大する。新設備で生産するのは炭素繊維を構成する糸の数を従来の 2~3 倍に増やして太くしタイプ。東レなど国内の競合他社は生産していない。鉄の 10 倍の強度と 4 分の一の軽さという特長を生かし、風力発電のほか高压電線の芯材などの需要を狙う。将来は自動車向けなど新用途開拓を狙う。同社の既存設備の稼働率はリーマン・ショック後の 2009 年 1 月~3 月には 50% を割り込む低水準だった。2009 年後半から在庫調整が進んで稼働率が向上。今年になって欧米などでゴルフクラブや高級自転車などの需要が増え、6 月以降はほぼフル稼働に回復。来春の設備増強が必要だと判断した。三菱レイヨンが炭素繊維で世界シェア 20% 程度を持ち、最大手の東レに次ぐ 2 位を帝人子会社の東邦テナックスと競っている。航空機向けはほとんどなく、産業向けとスポーツ向けが主流、ただ、独素材メーカーの SGL グループと連携し、独 BMW が開発中の電気自動車向け炭素繊維生産を計画しており、高付加価値品の強化を打ち出している。炭素繊維を巡っては、東レが独ダイムラー向けの自動車用複合材料開発、東邦テナックスが欧州航空機大手エアバスへの航空機用複合材料供給をそれぞれ決めるなど、各社の拡大戦略が活発化している。

#### **2010.6.29 日経「炭素繊維市場、離陸へ、帝人、「複合素材」の供給発表、航空機、車、省エネへ採用」**

帝人は 28 日、欧州航空機大手エアバスに炭素繊維複合材料を供給すると正式発表した。国内合繊 3 社が世界市場の過半を占める炭素繊維は、航空機などの省エネ性能を大幅に高めると期待されてきたが、需要が立ち上がりず事業モデルの確立が課題であった。自動車向けなども合わせて炭素繊維の世界需要は 2014 年までにはほぼ倍になる見通し。収益拡大に向けた開発競争や顧客との協力体制作りが加速しそうだ。

帝人の子会社の東邦テナックスがエアバスの親会社である欧州航空防衛宇宙会社 (EADS) と長期契約を結んだ。契約期間は 11 年から 25 年までの 15 年間。エアバスは 12 年の初飛行を目指す最新鋭中型旅客機「A350XWB」の胴体の一部に採用するほか、現行の大型旅客機「A380」での採用も検討する。東邦テナックスはドイツ工場に炭素繊維の新ラインを今秋にも稼働させ、増産に入る。また、11 年 3 月の稼働を目指して同工場にエアバス向けの複合素材の製造設備を新設する。将来は複合素材の工場を新たに建設することも検討する。同社はカナダの小型旅客機メーカー、ボンバルディアに炭素繊維を供給する契約も締結。累計受注額は 11 年から 20 年までの 10 年間で 1.3 億ユーロ (約 140 億円) に上る。炭素繊維は 1960 年代から 70 年代にかけて日本の大学が基礎技術を開発した経緯もあり、日本勢が世界をリード。生産量では東レ、三菱レイヨン、東邦テナックスの国内 3 社でシェア 7 割を占める。釣竿やゴルフクラブから、燃料タンクの外装や橋脚補強材などへと用途が広がった。しかし、業績面では厳しい状況が続いていた。東レの炭素繊維事業は 10 年 3 月期は売上高が前の期比 28% 減の 507 億円で営業損益が 62 億円の赤字 (前の期は 84 億円の黒字)。帝人は業績を開示していないが、同じく減収減益で営業赤字だったとみられる。

従来の旅客機では炭素繊維複合材料の利用は全重量の 10%程度。これが年内に納入される米ボーイングの最新鋭旅客機「787」では 50%、重量にして 1 機あたり 35 t と一気に拡大する。エアバスの A350XWB もほぼ同量で、鉄やアルミに代わり、航空機の主要材料に躍り出る。自動車向けでは東レが独ダイムラーと 12 年を目標に高級乗用車「メルセデス・ベンツ」向け素材を共同開発している。また、三菱レイヨンが独素材メーカーの SGL グループと連携。独 BMW が 15 年に発表予定の電気自動車向けの素材を共同生産する。東邦テナックスはトヨタ自動車に年末に販売する限定スポーツカーに供給するほか、重量を従来より 6 割軽くした試作車を開発。自動車メーカーへの提案を強化する。航空機・自動車向け需要の本格化で 10 年に 2 万 8000 トンだった炭素繊維の世界需要は 14 年には 5 万 4000 トンに拡大する。

#### **2010.5.31 日経「炭素繊維車」の材料開発、東大・東レなど、短時間で加工可能**

東京大学と東レ、三菱レイヨン、東洋紡、樹脂部品メーカーのタカギセイコーなどは共同で、金属並みに加工が安易な自動車向けの炭素繊維材料を開発することに成功した。短時間成型や変形、接合が可能。量産車の車体やエンジン部品などに幅広く応用できるとみている。軽量化の有力材料としてトヨタ自動車や日産自動車、ホンダと量産技術の確立を目指す。新材料には炭素繊維と、温度によって硬さを変えられる熱可塑性樹脂を使った。炭素繊維の表面を改良して樹脂となじみやすくした。金型で成型したところ、2 分で加工できた。作業を自動化すれば量産車用金属部品の製造工程と同等の 1 分で加工できると考えている。固めた樹脂を溶かせば部品同士をくっつけたり形を修正したりできる。車のドアフレームや天井、エンジン部品などに広く使える。成型には専用の金型が必要だが、プレス機は金属向けと同じ装置を利用できる。金属から炭素繊維材料への切り替えに必要な設備投資を抑えられる。新材料は航空機の機体部品などに使う炭素繊維材料と同等の強度と軽さが特徴。今後 2 年かけて自動車部品を試作する。自動車は軽量化が課題で、金属部品の代替素材として炭素繊維材料が注目されている。東レは独ダイムラーと高級車向けに炭素繊維材料の開発に乗り出している。

#### **2010.5.10 日経「東レ、エアバスに納入、15 年契約、2000 億～3000 億円見込む、炭素繊維で航空機材料、軽量化で燃費向上」**

東レはエアバスに炭素繊維の機体材料を 2011 年から 25 年まで納入する。12 年に初飛行を目指す旅客機から採用となり、累計受注額は 2000 億円～3000 億円に上る可能性がある。

#### **2010.4.28 日経「東レ、ダイムラーと開発、自動車用炭素繊維、軽量・高強度、ベンツ車体部材に」**

東レと独ダイムラーは自動車用の炭素繊維材料を共同開発する。2012 年を目標に「メルセデス・ベンツ」の構造部材に採用、将来的には外装材など他の主要部品に拡大していく。

### **2010.3.25 日経「炭素繊維、東レ、10～15%値上げ、1年8か月ぶり、航空機向けに回復」**

東レは航空機部品などに使う炭素繊維を4月出荷分から10～15%値上げする方針を決めた。原料価格の上昇に加え、航空機の生産が回復。先進国を中心にスポーツ用品の需要も底入れした。新興国の需要や資源高で上昇した鉄や合成樹脂など汎用素材に続いて先端素材にも値上げの動きが波及してきた。

### **2008年7月24日日経「炭素繊維車」を共同開発、東レ・日産など、4割軽量化、10年代半ば、素材を量産、コスト、鋼材並みに**

東レや日産自動車、ホンダ、東京大学などは自動車向けの炭素繊維材料を共同開発する。2010年代半ばをめどに量産技術を確立、車体重量の四分之三を占める鋼材のほとんどを新材料に置き換え現行車より最大四割軽い「炭素繊維化カー」の実用化につなげる。ボディや部品の生産コストを鋼材製並みに引き下げ、車体の軽量化で燃費を約三割改善する。最先端の素材開発で先行することで、環境対応車分野での日本勢の国際競争力がさらに高まりそうだ。

### **2008年5月4日日経「再生炭素繊維を量産、東レ・帝人・三菱レイヨン、10年メド、3割安く、家電向け用途拡大」**

東レ、帝人、三菱レイヨンの3社は2010年をメドに共同で再生炭素繊維の量産を始める。まず3社の出資で運営会社を設立、航空機などから炭素繊維を回収して、新品より三割以上安い再生品を生産する。年間処理量は一千トンと世界最大規模。世界シェア七割を握る三社が再生事業を通じ低価格品を大量供給する体制を整えることで、強度が高く、軽い炭素繊維がパソコンや家電など幅広い分野で利用されることになる。

炭素繊維は航空機やゴルフクラブなどのスポーツ用品に使われているほか、自動車各社が車体の軽量化に役立つ素材として主要な部品などに採用することを検討している。大手メーカーが回収・再生体制を確立することは、部品・部材のリサイクル率を高めること求められる自動車メーカーの採用を促す効果もある。三社は2009年をメドに共同で使用済み炭素繊維を回収・再生処理する事業会社を設立する。資本金や出資比率などは調整中だが、三菱樹脂、クレハなど他の炭素繊維メーカーにも参加を呼び掛ける。炭素繊維のリサイクル処理は三井鉱山の再生プラント（福岡県大牟田市）に委託する。四月に試験的に稼働しており、今秋をメドに試作品の出荷を開始する。再生工場での生産量は当初年間数百トン規模で、二年後には約三倍の千トンに高め、世界最大級の量産工程とする計画。処理工程では解体した航空機部材などを五百度～七百度の高温で溶かし、炭素繊維と樹脂を分離する。再生事業会社から東レなどの各企業が再生した炭素繊維を引き取り、樹脂と混合して加工品に仕立てて販売する。価格は同じ強度の新品に比べ三割以上安い1キログラム当たり二千円程度になるとみられる。まず、ノートパソコンの外装用の素材として売り込む。

携帯型のデジタル家電や建材用の資材の補強材などの用途も開拓する。炭素繊維は鉄に比べて重さが四分の一、強度が十倍。航空機用部材やゴルフクラブなどに使われているが、今後、メーカーは車体の軽量化に役立つとして自動車向けの需要解体句を進める考え。東レは2010年にも専用工場を建設し世界で初めて炭素繊維を使う自動車部品事業に参入する計画で、トヨタ自動車や日産自動車に採用を呼び掛ける。炭素繊維は1980年代初めから航空機用として普及し始めた。耐用年数が近づき、今後、急速に炭素繊維の廃材が増える見通しになっている。三社は、2010年度以降炭素繊維のリサイクルが世界的な課題となることに備える。

### 2008年1月16日日経「東レ、炭素繊維で収益拡大、伝統事業の投資効率向上を」

東レが炭素繊維で攻勢をかけている。愛媛工場の新設備が今月稼働するほか、米欧でも増産投資を急ぐ。2009年までに550億円を投じて、炭素繊維の生産能力を年間17900トンと2006年1月時点に比べ6割増やす計画だ。炭素繊維は金属に比べて軽くて強いのが特徴。鉄と比べると4分の1の軽さで強さは10倍に達する。2006年の東レの世界シェアは34%とトップだ。帝人子会社の東邦テナックスと三菱レイヨンの国内3社で世界の7割を占める。航空機に採用され、炭素繊維は一躍脚光を浴びた。米ボーイング社が新型機「787」の主翼や胴体などに炭素繊維を採用し、東レは2006年、2021年までに約7000億円の供給契約を同社と締結した。炭素繊維は2009年3月期以降、20%以上の利益成長を目指す」と榊原社長は強調する。東レの転機は2002年3月期。ITバブル崩壊のあおりを受けて、連結営業利益が188億円と前の期の半分以下に落ち込んだ。その年の6月に就任した榊原社長が徹底したコスト削減とリストラを断行。光学フィルムなど情報通信材料や炭素繊維の拡大をてこに、2007年3月期の連結営業利益を過去最高の1024億円と急回復を遂げた。東レの株価はボーイング社が炭素繊維の採用を決めた2004年ごろから上昇。4年間の上昇率は95%と、同期間の日経平均株価の上昇率の43%を大きく上回る。将来の成長期待を反映する予想PER（株価収益率）は19倍。大手化学の平均は12倍なので、株式市場は成長株と評価している。もっとも、株価は2006年5月の1128円をピークに頭打ちだ。15日終値は772円と最高値を32%も下回る。市場が炭素繊維の成長を織り込んだこともあるが、野村証券の西村アナリストは「企業全体としての投資効率の低さも影響している」と指摘する。東レの2007年3月期の総資産営業利益率（ROA）は6.4%。繊維や情報電子材料など同じような多角化事業を手掛ける旭化成と比較すると、ROAでは3ポイント近く引き離されている。事業別に投下資本（営業資本）に対してどれくらい利益をあげているかを分析しよう。前期末の財務データから推定すると、もっとも大きいのが繊維で2810億円、次いでプラスチック・ケミカルの2500億円。炭素繊維は930億円と全体で5番目の大きさだ。今季の会社予想を基に各事業の利益（税引き後営業利益）を実効税率40%で計算。この利益を各事業資産で割った投下資本利益率（ROIC）は、炭素繊維が12.8%と最も高く、情報通信材料の11%が次ぐ。繊維とプラスチック・ケミカルは4.2%、4.6%にすぎない。炭素

繊維と情報通信材料は少ない投下資本で多くの利益を稼ぎ出している。反面、伝統的な事業分野である繊維やプラスチック・ケミカルは投下資本に比べて利益水準が低いことが分かる。2010年近傍までの中期経営計画では、情報通信材料と炭素繊維の拡大をテコに1500億円の連結営業利益を目指す。投資も増えるため、ROAは8%にとどまる見通しだ。一時の低迷から脱却した東レだが、市場の評価をさらに高めるためには、伝統事業を含めた投資効率の向上が欠かせない。

## 9. 宇宙産業の将来性？

日経 2018.3.13 スペース X のマスク CEO、火星旅行「19 年前半にも」

イーロン・マスクが CEO を務めるスペース X が「(火星向け)宇宙船 1 号機を製造中で、2019 年前半には短期旅行ができるかもしれない」と語った。・・・マスク氏はかねて人類を火星に移住させることを目指しており、22 年に到達する計画を示していた。「19 年前半」は大幅な前倒しとなるが、11 日も「私の事業計画は常に少し (性急すぎる面がある)」と言葉を濁した。・・・

日経 2018.2.23 スペース X 衛星通信へ、試験機打ち上げ、1.2 万機配備計画

スペース X は 22 日、人工衛星による地球規模の高速通信網を構築するための試験機を打ち上げた。最終的には約 1 万 2 千機の衛星を網の目のように張り巡らせる計画。地球上の多くのへき地で従来より低コストで高速通信を可能にすることを旨とする。

日経 2018.2.8 宇宙ビジネス価格破壊、スペース X、最大ロケット成功、輸送量 2 倍、コスト 3 割

スペース X が 6 日、現時点で世界最大のロケットの初打ち上げを成功させた。価格を従来の 3 分の 1 まで下げるめどがたった。イーロン・マスク CEO は次世代ロケットでさらにコストを引き下げ、火星開拓を狙う。JAXA による次期主力ロケット「H3」の 4 倍。スペースシャトル時代の 10 分の 1 以下。マスク氏は輸送コストを一気に従来の 100 分の 1 にしようとしている。同じロケットを 100 回以上使うことを目指している。マスク氏は今、数百人が乗って地球上では高速航空機としても超大型ロケットの開発を始めている。このため 18 年度中に民間人を乗せて月軌道を回る有人飛行計画を凍結、経営資源の大半を次世代ロケットの開発に投入している。米アマゾン・ドット・コム of ジェフ・ベゾス氏も競合するブルーオリジンを率いロケットの大型化を進めている。時代を代表する企業家の競争で輸送単価が下がれば、人工衛星がさらに増え、宇宙から得られるデータの価格は劇的に下がる。多人数の輸送が可能になれば宇宙旅行やホテル、燃料補給基地などの民間宇宙ステーションの建設、資源開発などが事業化される可能性がある。ただ、どれだけコストを引

き下げても人を乗せるには安全性の確保が欠かせない。スペース X は今後、衛星打ち上げなどを通じさらに高い成功確率を実現できるかどうかが課題。

#### **読売 2018.2.4 世界最小級ロケット成功、衛星軌道に投入**

JAXA の小型ロケット「SS520」が 3 日午後 2 時 3 分、内之浦から打ち上げられた。全長 9.54m と電柱ほどの大きさで、衛星を運ぶロケットでは世界最小級、打ち上げ費用を 5 億円に抑えた。

#### **日経 2018.1.25 宇宙開発、選択と集中の時、日本、米の有人月探査計画に便乗、限られた予算、技術乏しく**

日本の宇宙開発の限界があらわになりつつある。月に再び人を送り込む国際協力プロジェクトが浮上する中、自前の有人宇宙技術を持たない日本の存在感は薄い。拡大する小型衛星の打ち上げでも対応の遅れが目立つ。日本の宇宙開発は限られた予算で開発を進めてきたが、一段の選択と集中を迫られている。1 月 18 日、JAXA の小型ロケット「イプシロン」3 号機の打ち上げ成功。イプシロンが担う小型衛星の打ち上げ需要は今後増えるが、海外には宇宙ベンチャーなどライバルがひしめく。

小型衛星をめぐる競争に加え日本の宇宙開発の将来を左右する動きが海外で相次ぐ。トランプは 2017.12.11 に新たな月への有人探査計画を発表。「米国人宇宙飛行士を再び月に送る重要な第一歩」と演説。翌 12 日、日本の宇宙開発戦略本部は宇宙基本計画の工程表を改定し、米国の計画に参加する方針を正式に決定。火星探査を目指したオバマ政権から一変し、トランプ政権は有人探査の目標を月に転換。9 月には月周辺に有人拠点を作る構想でロシアの協力を取り付けた。

深宇宙探査ゲートウェイ構想；

2020 年代後半を目標に、宇宙飛行士の居住スペースやロボットアームなどを備えた基地を月の周回軌道に作る。月面探査の拠点、将来の火星有人探査への中継拠点となることを想定している。日本は 24 年まで ISS 計画に参加予定で、同構想への参加は 25 年以降の有人探査の基本方針となる。

#### **読売 2017.12.3 中国、宇宙でも野望、2022 年に独自ステーション、軍事利用の加速、懸念も**

中国は「宇宙強国」建設を目標に掲げ、2030 年頃に宇宙分野で米ロに肩を並べるべく、独自の宇宙ステーション建設や月探査など野心的な事業に乗り出している。科学技術レベルの向上とともに国際的な存在感が高まる一方、宇宙開発の中核は軍が担っており、軍事利用が進む懸念もある。

#### **日経 2017.11.17 近づくロケット世界旅行、22 年にも NY-上海間 39 分に、再利用でコ**

## スト抑制カギ

スペース X は 2022 年以降、ロケットで世界の主要都市を結ぶ旅客輸送事業に乗り出すと発表。火星に向かう大型ロケット技術を生かしたもの。火星を目指して開発中の超大型ロケット「BFR」全長 106m、都市間なら最大で中型旅客機並みの 240 人を運べる。発着のために都市に近い海上にロケット用の「空港」を作る。打ち上げたロケットは宇宙を経由して地中に戻り、垂直に立ったままの姿勢で目的地に着陸する。

## 読売 2017.3.12 エレベーター宇宙へ GO、総工費 10 兆円、2050 年完成？ケーブル強化、実現のカギ

「夏休みは家族で宇宙旅行に出かけてみようか」。そんな夢のような話が将来、実現するかもしれない。ロケットを使わずに宇宙へ向かう「宇宙エレベーター」。SF 小説やアニメで幾度も描かれてきた構想の実現に向けて、企業や研究者らの取り組みが続いている。

大林組は 2012 年、宇宙エレベーター建設という壮大な構想を発表。高度屋久 3 万 6000km の静止軌道に宇宙ホテルなどを備えた「静止軌道ステーション」を建設し、そこと地上との間をケーブルで結び、エレベーターで人や荷物を宇宙に送るといったものだ。時速約 200 km でエレベーターを動かせば、地上から 1 週間でステーションに着く。総工費は 10 兆円で、完成時期の目標は 50 年とうたっている。全体の構想はこうだ。静止軌道では地球の重力による下向きに引っ張る力と、反対の上向きの遠心力とがちょうど釣り合っている。しかし、ステーションから地上にケーブルを伸ばしていくと、ケーブルの重みで下向きの力が大きくなり、ステーションの高度が下がる。このため、地球とは反対の方向の高度約 10 万 km までケーブルを伸ばし、その先端に重りを付けて、力のバランスを取るという。構想をまとめた大林組の石川は「実現すれば、ロケットに比べて利点は大きい」と強調する。ロケットは打ち上げ時に大量の燃料が必要で、打ち上げが失敗する恐れもある。一方、宇宙エレベーターは、自然エネルギーの太陽光発電による電力が使用できる。宇宙は天候に左右されないため、効率良く発電が可能だという。宇宙への輸送コストはロケットに比べて 100 分の 1 になるという試算もある。宇宙エレベーターは、ロケットの打ち上げ時のような大きな加速や衝撃がないため、宇宙飛行士が受けるような厳しい訓練は不要だという。子どもからお年寄りまで気軽に宇宙旅行が楽しめるという期待される。

実現に向けた最大の課題はケーブルの強度と長さだ。ケーブルの総延長は地球 2 周半に相当する 10 万 km で、上下に伸ばすとケーブルが自らの重さで切れてしまう。素材としてカーボンナノチューブ (CNT) に期待がかかるが、石川さんは「現状では CNT は 3cm 程度しか伸ばせない」と話す。構想では、30 人乗りのエレベーターの場合、その重さは 100 トン。これを、現在の世界最速エレベーターの 2.7 倍のスピードで動かす技術の開発も必要だ。エレベーターの車輪を駆動させてケーブルを昇る方式や、磁力を利用するリニアモーターカー方式などが想定されている。技術的なハードルは高いが、研究は着実に進んでいる。静岡大学のチームは今年 4 月にも、宇宙空間でケーブルの動きなどを調べる実験を行う。

国際宇宙ステーションから昨年12月宇宙空間に放出された超小型衛星2基の間隔を広げていった際に双方をつないだケーブルがどんな動きをするのかを調べる。CNTを宇宙空間に1年間さらして耐久性などを調べる研究もおこなわれている。大学や企業などの研究者でつくる宇宙エレベーターは協会は09年から毎年、気球から垂らしたケーブルを、小型の装置が昇る速さを競うコンテストを開いている。同協会の大野会長は「みなで知恵を絞って、宇宙エレベーターを夢物語から現実のものにしたい」と話す。

### 日経 2017.3.8 ベゾス氏経営の宇宙VB、初の打ち上げへ、スペースXと競争激化

米アマゾン・ドット・コム創業者のジェフ・ベゾス氏が経営する米宇宙ベンチャーのブルーオリジンは7日、仏衛星大手のユーテルサット・コミュニケーションズから初の衛星打ち上げ契約を獲得したと発表した。ライバルの米ステラの創業者であるイーロン・マスク氏が経営する米スペースXとの顧客獲得競争がいよいよ本格化する。

ブルーオリジンもスペースXと同様に、打ち上げたロケットの再利用を計画している。ベゾス氏は同日、「我々が宇宙進出へのコストを下げる」とコメント。同社は宇宙旅行や宇宙実験用のロケット「ニューシェパード」の開発を進めている。高度100km超まで打ち上げ、一時的に無重力状態になった後で落ちて地上に戻る。早ければ今年中にも有人試験飛行を始める計画だ。ただ、これはより高く打ち上げる必要がある衛星には使えない。大型の人工衛星を静止軌道に打ち上げる場合、高度約3万6千kmまで到達させる必要がある。ブルーオリジンは衛星打ち上げに使える新ロケット「ニューグレン」を開発しており、今回の受注に繋がった。同社は既に米フロリダ州にロケット工場を持ち、米空軍基地にある打ち上げ台も確保している。これまで米宇宙産業では、NSAの競争促進政策を追い風にスペースXがロッキード・マーチンとボーイングの合弁に価格破壊で戦いを挑み、受注を増やしてきた。これにブルーオリジンも加わればさらに競争が激しくなる。宇宙輸送コストが低減されれば、宇宙開発の加速も期待される。米政権は米国内に製造拠点のある防衛、航空・宇宙産業による雇用創出効果を期待し、宇宙開発への積極姿勢を打ち出し始めている。

### 日経 2017.2.28 月へ旅行、来年中に、米スペースX、自動操縦、1週間で往復

スペースXは27日、2018年中に民間人2人を乗せて月の軌道を回る有人飛行を実施すると発表した。実現すれば、人類が月周辺に到達するのは、1960～70年代のアポロ計画以来となる。同社が最終目標に掲げる火星探査・移住計画にも弾みが付きそうだ。イーロンCEOによると、月旅行を希望する匿名の民間人2人が同社に接触。「かなりの額」の手付金をすでに支払ったという。スペースXは今後、2人の健康診断などを行い、問題がなければ年内に訓練を始める。月旅行にはNASAの支援を受けて開発中の有人飛行船「ドラゴン2」と、現行のロケットより推進力が大きい大型ロケット「ファルコン・ヘビー」を使用。月までの往復には、1週間かかるが、高度な自動操縦システムを備えるため、宇宙飛行士が同乗する必要はない。スペースXはNASAとの契約に基づき、ISSに宇宙飛行士を運ぶ同社



初の有人飛行を来年4～6月期に計画している。月旅行の実現はISSへの有人輸送の成功が前提となる。同社は宇宙旅行の費用などを明らかにしていないが、この2人以外にも「強い関心」を示しているグループが複数いると説明している。

#### **日経 2017.2.20 再打ち上げへ体制強化、JAXA ミニロケット、技術者を増員**

JAXAは、1月に超小型衛星の初打ち上げに失敗したミニロケット「SS-520」の再打ち上げに向けて開発体制を強化する。主力ロケット「H2A」の技術者をチームに加える。2005年から成功が続く主力ロケットの経験や企業との連携に学ぶ。1月の打ち上げは、ミニロケットのもととなった観測ロケットを管理するJAXAの宇宙科学研究所が企業とともに手掛けた。発射20秒後に機体のデータが途絶えて飛行を断念しており、衛星を載せたロケット先端の機能が確認できていない。再打ち上げで失敗のリスクを減らすため、主力ロケットで衛星を載せる先端部分の設計に詳しい技術者や、ロケットの部品調達で民間と日ごろから情報交換する技術者をJAXAの筑波宇宙センターから動員する。次の機体も失敗したミニロケットと同じ「SS-520」型で検討する。失敗原因の調査を踏まえ、ショートを起こしたとみられる電線などの対策を徹底する。

#### **読売 2017.2.14 ロケット失敗、電線破損か、JAXA「SS520」ショートし通信途絶**

今年1月にJAXAの超小型ロケット「SS520」が打ち上げに失敗した原因について、JAXAは13日、通信機器と電源をつなぐ電線が破損し、ショートした可能性が高いとする調査結果を、文科省で開かれた会議で公表した。SS520は東大の超小型衛星を搭載し、先月15日に鹿児島県の内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられた。しかし、約20秒後にデータ通信に異常が起き、第2段ロケットの点火を中止した。機体と超小型衛星は太平洋に落下した。JAXAは原因を究明するため、再現実験などを行った。その結果、機体上部にある束ねた電線の引き込み穴付近で、機体と電線の被覆が接触。打ち上げ時の気体の振動や温度上昇などの影響で電線の被覆が破れ、電線が機体の金属部分に接触し、ショートしたとみられるという。そのためロケットからの通信が途絶え、機体の飛行状況が確認できなくなったという。JAXAの担当者は再発防止策として「各機器への電源系統の対策を再検討する」と説明した。SS520はロケットの部品に、携帯電話の部品などで利用される民生品を使っている。JAXAはショートした原因について「民生品ではない」と説明している。

#### **日経 2017.2.12 宇宙大航海時代、日本の針路は、民間の背中押す法制度に。毎週打ち上げコスト削減。資源探査小惑星をめざせ**

#### **日経 2017.2.11 JAXA 年内にも、対策にメド**

JAXAはキャノン電子やIHIエアロスペースが参画するミニロケットを年内にも再度打ち上げる方針を決めた。……

読売 2017.1.9 超小型・安価な火星探査機、東大など開発へ、水や生命、電磁波で確認

日経 2016.12.23 「宇宙活動法」ビジネス促す、ロケット打ち上げ、企業参入可能に、事故補償手厚く、有人飛行は今後検討

日経 2016.12.16 相次ぐ探査計画、民間も、火星の素顔、見えてきた、水の存在、確実に、鉱物資源に期待

火星への関心が高まっている。民間企業の米スペース X 社が米国や中国といった国家レベルの探査に先んじて、10 年以内に火星に人間を送り込む野心的な計画を発表。欧州も火星探査計画に新たに 4 億 4000 万ユーロ（約 540 億円）を投じることを決めた。

読売 2016.12.11 探査・開発、今こそ、人類再び月へ、半世紀前政治的な競争、眠る未来のエネルギー

日経 2016.12.2 キヤノン、ロケット参入、宇宙産業商機広がる、制御機器供給、HIS と JAXA、宇宙船出資

読売 2016.9.25 国産ロケット進化中、H2A 民間需要に合わず、輸送力や価格、欧米も競う

日経 2016.9.23 JAXA、ミニロケット打ち上げへ、「超小型衛星」利用にはずみ、大型と「相乗り」脱却、国際競争力向上も

日経 2016.9.11 H3 若い力が推進力、30~40 代技術者、最前線に

読売 2016.8.30 月面探査車、KDDI など 7 社支援、日の丸技術結集

日経 2016.8.13 米ベンチャー宇宙探査着々、月や小惑星で資源開発、当局が承認、資金調達、1 年で 14 倍

読売 2016.5.29 ごみ問題、宇宙も深刻、ロケットや衛星の破片、除去目指し、アイデア続々

日経 2016.3.24 KDDI、月面探査に挑戦、グーグル主催のレースに参画、宇宙産業拡大見据え

日経 2015.12.27 スイングバイ精緻の極み、はやぶさ 2 は地球の重力を利用し目的の小惑星へ起動を変えた。位置把握、1 億 km 先で 100 メートル以内

日経 2015.11.28 宇宙へのアクセス費用 100 分の 1、新産業創世記、市場は地球の外

読売 2015.11.25 宇宙産業新たな一歩、H2A、高高度まで衛星運搬、コスト面まだ課題、中東・アジアに売り込みへ

国産ロケットとして初めて商業衛星を搭載した H2A の打ち上げが成功し、日本の宇宙開発史に新たな一歩を記した。商業衛星の打ち上げは、海外が先行。日本で軌道に乗せるには、解決すべき点が多い。

経産省によると 2014 年の世界の静止衛星受注は 20 件。このうち米スペース X 社と欧州

アリアンスペース社が 9 件ずつ受注した。日本が長く商業衛星の打ち上げを受注できなかった理由は、主に三つある。地理的な不利と価格、打ち上げ時期の制限。商業衛星は主に赤道上空、高度約 3 万 6000km の「静止軌道」に投入される。アリアン社の発射場は北緯 5 度の南米・仏領ギアナにあり、赤道に近い。緯度が低い発射場で打ち上げると、衛星が軌道に入るまでに使う燃料を節約でき、運用中に必要な燃料を多く確保できる。その結果、衛星の寿命が長くなる。種子島は北緯 30 度で、衛星の寿命で数年の差が出るとされる。JAXA は今回、H2A を改良し、衛星を第 2 段ロケットで高度約 3 万 4000km まで押し上げてから、分離する方式を採用した。第 2 段ロケットが宇宙空間で太陽の熱を浴びながら約 4 時間半飛行するため、熱からロケットの機器や液体燃料をどう守るかが課題だった。JAXA はロケットをゆっくり回転させるなど工夫を施した。「不利を技術力で補う日本らしい挑戦」。日本の商業衛星は過去 36 基すべてが海外で打ち上げられたが、H2A は 16 年度にスカパーJSAT 社の衛星の打ち上げも予定している。スペース X 社の「ファルコン 9」は打ち上げ価格が約 75 億円、H2A は約 100 億円。日本は 20 年度に初打ち上げを目指す後継機「H3」で約 50 億円を目指す。ただ、企業にとっては、衛星を打ち上げる時期を選べる方が望ましい。H2A の打ち上げ間隔は最短でも約 2 か月必要。情報収集衛星など自国政府の衛星の打ち上げの間を縫うため、商業衛星の打ち上げができる期間が短くなる。アリアン社は昨年、「アリアン 5」などを 11 回打ち上げた。ギアナの 2 か所の発射場を交互に使い、約 2 週間の間隔。種子島は設備が老朽化し、打ち上げ後の整備期間を短縮しにくい。政府は H3 の開発と並行して、改修を進め、年間 10 基以上の打ち上げを実現させたいと考えている。

日経 2015.11.22 「火星」生活、ハワイで実験、長期滞在へストレス探る、閉鎖環境で 1 年、通信や水に制限

日経 2015.10.25 月軌道に新宇宙基地、NASA 構想、火星探査、中継点に

日経 2015.10.18 動植物を使い成長への影響を調べる、無重力、子孫残せるか、「宇宙農場」へ植物の発芽観察、

読売 2015.9.4 有識者会議が見解、宇宙開発、外交に活用、アジアに飛行士枠提供も

日経 2015.8.26 「こうのとり」後継開発へ、物資持ち帰り機能も、打ち上げ 21 年度メド

日経 2015.8.7 16 日打ち上げ、「こうのとり」宇宙へ水・食料、米ロ失敗で期待、国際ステーション支える

日経 2015.6.29 スペース X ロケット爆発、ISS 物資輸送船を搭載

日経 2015.6.26 月の南極、着陸構想、JAXA20 年代、水の有無調査

日経 2015.6.25 宇宙産業の輸出促進、政府、官民で戦略チーム、官需依存脱却めざす

日経 2015.6.23 航空ショー隠れた目玉、ロケット事業、欧州も民営化

日経 2015.6.10 火星の衛星探査計画、JAXA 22 年にも、岩石など採取、有人飛行の技術確立も狙う

日経 2015.6.9 衛星打ち上げ費用 5 分の 1、三菱重工、数十基を逐次投入

日経 2015.6.7 新型ロケット、欧米に挑む、コスト半減、準備期間短く  
日経 2015.5.29 月面探査日本が挑む理由、ピンポイント着陸、国際協力で優位に  
日経 2015.5.25 主力ロケット開発企業、選定基準見直しへ、JAXA  
日経 2015.5.21 「こうのとりのとり」製造費半分に、文科省計画、2020 年ごろ  
日経 2015.5.15 実は多い？生命が住める星、有機物+水+熱量、太陽系内は土星の衛星に  
海、太陽系外では「地球型」900 個観測、  
読売 2015.4.24 JAXA の計画、月面着陸実現へ説得力を  
読売 2015.4.21 月面着陸、日本 3 年後に無人機、火星へ布石、目標へ誤差数百 m、資源  
炭素各国と競争、月誕生の謎、解明に期待  
日経 2015.4.20 無人機で月面着率、JAXA、18 年度にも打ち上げ  
日経 2015.4.19 宇宙ビジネス、政府が点火役、安保など長期計画、法整備で民需拡大  
読売 2015.4.7 超小型探査機 聖歌と不安、姿勢制御成功、エンジン停止、復旧急ぐ  
読売 2015.3.26 中国が衛星破壊実験、米、「宇宙の軍事利用に傾倒」、中国「迎撃技術の検  
証」主張  
日経 2015.1.25 折り紙工学、世界が注目、医療や宇宙開発で活躍

#### 2015.1.10 日経 宇宙産業立て直し、基本計画決定、企業の投資促す

政府は、9日、2015年度から10年間の宇宙政策の方針などを定めた新しい宇宙基本計画を決定した。衰退の危機に追い込まれていた宇宙産業の強化と、安全保障分野での衛星整備など宇宙利用促進を両輪として推進、国際的に出遅れていた両分野での挽回を狙う。

産業振興では今後の人工衛星やロケットについて打ち上げの基数や年度を工程表で具体的に示したのが画期的である。これまでは政府予算の単年度主義もあり、中長期の計画は明示されていなかった。このため企業は設備や研究開発などの投資判断が難しいという事情があった。新計画は年度などを示すことで企業が投資しやすい環境を整えるのが狙いだ。衛星メーカーの NEC は「長期的な工程表を示されたことは宇宙産業基盤の維持、強化につながるもので、大変喜ばしい。宇宙開発に貢献するため引き続き技術を磨いていく」とコメントを公表した。H2Aなどを手掛ける大手メーカーの三菱重工は、「宇宙利用を取り巻く環境変化に対応した具体的な有効活用の方策が示されている」と評価。「基本計画の実現に向けて貢献していく」とコメント。新事業計画は宇宙機器産業の事業規模を今後10年間の累計で5兆円とする目標を掲げた。ただ、産業強化につなげるには、計画をどこまで着実に実行できるかにかかっている。

#### 2015.1.6 日経 米中、宇宙でも攻防、日本の安保に火種、中国、軍事衛星に攻撃の照準

宇宙でも、米中などによる軍の攻防が始まった。日本も蚊帳の外では済みそうもない。  
4万人精鋭集団

ロッキーマウンテンのふもとに、空軍宇宙軍団がある。4万人以上の精鋭集団。その担当は宇宙

の守り、軍事衛星や地上のレーダー網を駆使し、怪しい衛星や物体が飛んでいないか監視するほか、宇宙からミサイル発射の兆候にも目を光らせる。宇宙での戦争も絵空事ではない。そんな切迫感が米軍内に広がっている。きっかけは、2013年5月の、大事件。米国防省によると、中国が衛星攻撃兵器を実験。衛星を壊すためのロケットを、いちばん高い静止軌道（約3万6千キロ）に近づけることに、初めて成功した。米軍は多くの作戦を衛星に頼っている。長距離通信、戦闘機や無人機の運用、地上監視、ミサイルの誘導もそうだ。衛星が壊されたら、米軍の機能はマヒしてしまう。中国だけでなく、「ロシア、イラン、北朝鮮」も妨害電波などによって衛星を壊す兵器を開発している。

#### **2014.12.6 日経 米、新宇宙船打ち上げ、有人探査へ試験機、30年代、火星目指す計画、中開発、中印が台頭**

米国は2030年代に有人火星飛行を目指す。試験機は米ボーイングの世界最大のロケット「デルタ4ヘビー」で打ち上げた。4人乗りを想定する直径5メートルの試験機は、時速3万2千kmで大気圏に再突入した際に、摂氏2200℃に達する高温に耐え、パラシュートを広げて無事に着水できるかどうかを確かめる。宇宙線オリオンと新型ロケット「SLS」を220億ドルかけて開発、宇宙飛行士を20年代に小惑星、30年代に火星にそれぞれ送る計画。

#### **2014.12.5 日経 三菱電、合金会社清算へ、来夏にも、人工衛星へ経営資源**

**2014.12.4 日経 欧州ロケット、費用半減、次世代型米ベンチャーに対抗、価格破壊、世界に波及、打ち上げ回数、欧米勢先行、中国も追い上げ、実績積み**

## **10. 農業の将来性？**

#### **日経 2017.12.6 未来農業、革新の先に、パナソニック、夜の自動収穫、トマト熟度見極め瞬時**

郡山市の農場で農作業へのドローン導入に向けたテストが進んでいる。搭載したカメラが140mの上空から農場の全体像をとらえ、20mまで降下して細かい様子を撮影する。農地の位置と経路を端末に登録して自動で飛ばす。画像で解析するのは生育状況や病気の発生。農場を経営する伊東さんは「人が目で見て観察すると、1ヘクタールで最大30分かかる」。ドローンなら2分強ですむ。効果はスピードの向上だけではない。この農場は面積が130ヘクタールと、平均の50倍近い。「人は葉を1枚、1枚見ることはできず、集中力は1時間もたない。」ドローンは2つの限界を広大な農場で突破する。・・・パナソニックが開発中の自動収穫機も、人間の常識を超える強みを発揮する。機械の精度が最も高まるのは、日が落ちた後の真っ暗な夜。台車型のロボットに設置した光源が白色LEDのフラッシュを放つと、0.033秒でトマトの赤色を正確に認識し、アームが伸びて収穫する。人間なら当然、明るい昼間に作業する。だが光の加減で色が微妙に変わって見えたり、疲れの影響が出た

りする恐れがある。ロボットが夜間に収穫すればそうした「ノイズ」を完全に排除することが可能。瞬時の光でコンピューターが微細な色の違いを見分け、100%の精度で収穫すべきトマトを選び出す。

農業の世界は「勘と経験」から脱却が求められる一方、マニュアル化の限界も指摘されてきた。未来農業はその境界線を引き直し、匠の技ではたどり着けない地点へ導く。

### 2015.3.16 日経 衛星データで無人農業、日本版 GSP から「宝の山」全国で誤差 5 cm 以内

国は今後 10 年で 40 基超の人工衛星を打ち上げる宇宙計画を打ち出した。具体的な数値目標を定め、企業に投資などを促す狙い。衛星で得たデータを農業の無人化などに生かす取り組みも急ピッチで進む。オーストラリアでは、農地を無人のトラクターが耕す。日立造船、ヤンマー、日立製作所が日本版 GPS を使って進める自動農作業の実証実験。走行位置がずれる誤差は 5 cm 以内。種まきから収穫まで全自動化する未来も近づく。

### 2015.12.24 読売 「稼げる稲作」農家転機、ブランド化、課外販路開拓、保護策依存脱却へ

これまで保護策が重視されてきた日本のコメ農家が、「自立」に向けて転機を迎えている。2015 年産の主食用米の生産量は、国内消費の現象を反映し、コメの生産調整（減反）の目標数量を下回った。一方で、TPP の大筋合意を受けて、ブランド化や輸出、加工販売など「稼げる稲作」への取り組みが急がれる。

新潟県佐渡市の専業農家、相田忠明さんが社長を務める「佐渡相田ライフファーマーミング」は、15 年産の新米 2.7 トンを香港のすし店向けに輸出した。中間業者を挟まず、インターネットと英語を駆使し、顧客に直接、販路攻勢をかける。精米の輸出は、昨年からはじめた。年間の生産量（約 93 トン）に占める割合はわずかだが、将来、3 割程度に増やしたいという。相田社長は「国内消費が減る中、米で稼ぐには海外で勝負するしかない」という。

ブランド米の競争も活発だ。青森県は、新品種の県産米「青天の霹靂（へきれき）」の PR 担当に職員 12 人を充て、販路の開拓などを図る。青森県産米で初めて、日本穀物検定協会の食味ランキングで最高ランクの「特 A」を 14 年産で獲得し、売り込みに力が入る。企業の参入も進む。ローソンは 3 月、新潟市のコメ農家らと合弁会社を設立した。コシヒカリの新米を使ったおにぎりを 11 月から販売している。販路の拡大や生産コストの削減などの動きは今後も広がりそうだ。15 年度のコメ生産量は前年より 44 万トン減って 744 万トンと生産目標（751 万トン）を下回った。減産目標の達成は 04 年以降で初めて。パンや麺類の需要は伸びる一方、コメ離れは歯止めがかからない。政府は減反を 18 年度から廃止し、農家に生産量を自主的に決めるように促す。減反に協力した生産者への交付金（10 アール当たり 7500 円）もやめる。ただ、生産者へ減反額の 9 割を補てんする制度など、手厚い保護策は残る。TPP の大筋合意で米国と豪州向けに設けた最大約 8 万トンの輸入枠を受け、政府は備蓄米の買い入れ量を増やし、値崩れを防ぐ方針。日本総研の三輪氏は「これまでのコメ農家は、国の政策の枠組みに沿って生産していれば収入が得られたが、今後はそれ

に甘んじず、栽培法や品種などで差別化を図ったり、流通のあり方を見直す努力が必要だ」と指摘する。

### **2015.10.21 読売 TPP 反発、歓迎の声、不安で先見えない、国産の販路拡大**

環太平洋経済連携協定(TPP)で大筋合意した関税撤廃に関する全容が公表された 20 日、農林水産業関係者からは反発の声が相次いだ。一方、生き残りに自信を見せる生産者や、関税撤廃を歓迎する飲食業者もいた。

### **2015.3.3 読売 集約化、効率化へ着々、350 人結束、農事法人設立**

東日本大震災で深刻な被害を受けた岩手、宮城、福島 3 県の農漁業。被災した農地や漁業施設を復旧は、この 4 年で大幅に進み、復興に向けた新たな試みも各地で始まった。「希規模拡大」「担い手確保」「技術革新」。3 つのキーワードが、復興へのステップアップで来るかどうかのカギを握る。

約 90 ヘクタールの農地は震災後、集約化して整備され、昨年秋には 4 年ぶりに稲穂が実った。1 区画が 20~50 アール、大型の機械の使用も可能になった。地元農家約 350 人が 2014 年 3 月、農業組合法人「サンファーム小友」を設立、組合員のうち、10 人が農作業に携わり、土地を貸した組合員も一定の収入が得られる。

### **2015.2.19 日経 農協改革、成長産業への一歩、地域の自主性課題、営農・販売会社で「第 2 幕」を、全中縮小で地域に即した農業振興へ前進、地域農協の自主性向上へ経営能力が課題、各農協に営農・販売会社設け外部と連携を**

### **2015.2.10 日経 農林水産物輸出、初の 6000 億円超、昨年 11%増加、和食ブーム、検疫協議弾み**

### **2015.2.10 日経 農業再生へ競争促進、JA 全中の指導権廃止、「兼業」編重から脱却、地域農協改革、次の焦点**

農政改革の柱となる農協制度の見直しは、農協の上部組織の全国農業協同組合中央会（JA 全中）の監査・指導権をなくし、一般社団法人にすることで決着した。規模の小さい兼業農家の利害を代弁することが多かった JA 全中の力を弱めることは、「強い農業」を実現するための一歩にはなる。だがそれだけでは、農業の衰退を食い止めることはできない。

今後問われるのは、全国に約 7000 ある地域農協の経営革新だ。

### **2015.1.31 読売 農業ビジネス、挑戦する若者、会社設立や法人に就職**

農家出身でない 20~30 歳代が、農業に関連したビジネスに挑戦する例が目立ってきた。新規就農後に農作物の販売会社を設立したり、農業法人に就職したり、農業に新しい可能

性を見出そうとしている。

**2015.1.23 日経 再考、成長戦略、競争こそ強い農業への道、「保護」より輸出促進を、ブランド化。生産革新急げ、農業を守るための措置が逆に衰退を促す、生乳指定団体や豚肉の差額関税は廃止を、地域農協の独自性発揮へ系統改革も必須**

**2014.12.8 日経 強い農業へ北海道前進、大企業の先端技術、栽培効率大幅アップ、進化する農協、高付加価値化を主導、海外市場を開拓、果実などに拡大、金融、支援の動き**

**2014.11.29 日経 機能性野菜、健康で売る、三井物産、玉ねぎを今秋から、カゴメ、高リコピンのトマト。**

**2014.11.12.読売 農業 IT 化の波、生産性の向上生む、二酸化炭素、日照量、肉質もデータ化、勘や経験頼み脱却、市場規模拡大見通し**

**2014.9.21 読売 品質維持に独自基準、農業、磨くブランド力、北海道「ゆめぴりか」**

かつて「厄介道米」と呼ばれた北海道米は、今では「売れるコメ」の先頭を走る。主力品種「ななつぼし」の2013年産は道外へ約8万トン販売し、この9年で2.5倍になった。

**2014.9.1 日経 根を張る「奇跡」の農法、リンゴで脚光、担い手育つ、効率最優先に一石**

無農薬、無肥料で農作物を育てる。「自然栽培」が全国に根を張りつつある。本や映画で話題となった「奇跡」のリンゴを生み出した弘前市のリンゴ農家、木村さんが各地を奔走して自らの経験とノウハウを伝え、実践者が増加中。

**2009年1月15日読売「論点 日本の農業 「食料基地」で世界目指せ」**

国際的な穀物価格の乱高下や輸入食品の毒物混入事件、食料自給率の低下などを受けて食料の輸入依存の見直しを求める声が広がっている。同時に、WTO（世界貿易機関）の貿易自由化交渉や自由貿易協定（FTA）締結交渉において最大の焦点となっているのが、農業分野である。しかるに、日本では耕作放棄地が拡大し、農村は深刻な担い手不足などの問題にも直面している。こうした内外の環境変化の中で、日本の農業は一体いかなる道を歩んでいくべきか。日本国際フォーラムは、このような問題指揮の下に、その政策委員会においてタスクフォース（主査＝本間正義東京大学院教授）を中心に、約1年間にわたり、「グローバル化の中での日本の農業の操業戦略」について研究、審議を行ってきた。その成果を21項目からなる具体的な政策提言として取りまとめ、1月13日に麻生太郎内閣総理大臣に提出した。提言を貫く基本的な考え方は、「守りの農業」から「攻めの農業」への転換である。日本の農業を成長産業として捉え、「世界市場に進出せよ」と提言は説く。日本



農業はこれまで、国際市場からほぼ切り離された状態で保護されてきた。日本農業を生き残らせるには、これまでの弱者保護的な政策から脱却し、経営として自立する農業を確立することが大前提となる。それには農地法による農地所有などの規制やコメの減反政策を抜本的に見直し、日本の農業者の持つ優れた技術力、経営力を発揮させることが重要である。それによって活性化した日本農業を国際市場にリンクさせ、世界の食糧問題や環境問題の解決にも役立てたいということである。その中軸となるのが、重点的な規模拡大と農業投資を奨励する「食料基地」の設置である。国内の全農地の3分の1に当たる150万ヘクタールを対象に、100ヘクタール規模の経営体を1万程度育成する。日本農業の最大の障害は農地である。賃貸借で耕作面積を広げても、農地が分散していて効率が上がらない農家も多く、集積が十分に進んでいない。「食料基地」は、特定地域で規制を緩和する構造改革特区制度を改良した“経済特区”とし、農地の所有や利用を全面的に自由化する。それによって他産業からも参入、投資を促す。一方で、農地以外への転用は一定期間、例えば30年程度、全面的に禁止する。高品質・低コストの生産システムを備えた食料基地は、農産物輸出の拠点ともなる。農業は、地域経済の核となる可能性も秘めている。地方の疲弊が目につき始めて久しいが、地方には農業を基盤とする地域が多い。提言は「農商工連携で農村に新たな雇用機会を創出せよ」と唱える。農業者と地域の中小企業の連携を深めて、地域全体の活性化を図ろうという提案である。原材料生産から加工や流通サービスまでのチェーンを構築し、地域ブランドを確立すれば、地域で生み出す付加価値を増やすことができ、雇用も生む。近年、農業に対しては、環境保全や田園風景の維持という観点からも国民の期待、関心が高まっている。農業は国民の共有資源ともいえる。国民的な視座で農業の在り方を考えることが求められている。

### (植物工場)

植物工場とは、光や温湿度を管理してレタスやニンジンなどの野菜を栽培する屋内施設。太陽光を利用して光熱費を抑えつつ不足光量を人工光で補う太陽光型と、人工光のみ使う人工光型がある。いずれも土壌に左右されず完全無菌で生産可能だ。栽培期間も露地栽培の半分に短縮できる。

日経 2017.12.22 植物工場完全自動に、キャノン電子、ロボ技術を活用、収益化しやすく

キャノン電子は19年から、種まきから収穫までを完全自動化した植物工場を運営する。カメラの製造機器で培ったロボット技術を活用し、低コストで野菜を栽培する。植物工場の数は6年前から約3倍に増えたが、最近は撤退の動きも目立つ。収益確保が課題となるなか、製造業で相次ぐ生産の自動化が植物工場にも広がってきた。

日経 2017.12.1 全自動レタス工場輸出、スプレッド、省力化・節水、中東に商機

苗の育成から収穫までロボットがほぼ全自動で野菜を生産してくれる。そんな次世代型

の植物工場の「輸出」に挑むのが、世界最大級のレタス工場を運営するスプレッド（京都市）。少ない水で栽培できる利点を中東などで訴求する。

同社が 2018 年の稼働を目指すレタス工場「テクノファームけいはんな」の建設が進む。1 日あたりの生産量は世界最大級の 3 万株。レタスの種まき、培地で発芽させる作業は携わる。この後の主要工程はロボットなどの先端技術が活躍する。養液に浮かべたパネルにレタスを植え、水耕栽培で育てる中で、パネルが手狭になるとロボットが別のパネルに植え替える。根や葉を傷つけないよう根元のプラスチック容器だけをつかむなど、動作に工夫を凝らす。

### 日経 2017.5.22 植物工場の税負担軽く、「コンクリ舗装も農地」政府認定、企業の参入を後押し

政府は野菜などを屋内で人工的に栽培する植物工場にかかる税負担を軽減する検討に入った。現在は農地をコンクリートで舗装して植物工場を建てた場合、その土地は農地ではなくなり、固定資産税が上がってしまう。舗装しても引き続き農地と認定できるようにし、工場を運営する企業の税負担を軽くする。

### 2016.1.26 日経 植物工場パナソニック、シンガポールに進出、芽吹くアジア、生鮮野菜安全に提供、国内生産の 5%目標

パナソニックは現地で生産したサラダの販売を始め、数年以内に同国の野菜生産の 5%を担う計画。現地企業も消費電力を抑えて生産できる独自技術で参入した。所得水準の高まりとともに食の安全に対する意識が向上。国土が狭く、食糧自給率が低いという課題を抱える同国を起点に植物工場がアジアに広がりつつある。

シンガポールのスーパーで昨年 11 月、パナソニックの新商品がお目見えした。世界各国の野菜が並ぶ生鮮食品コーナー。レタスや水菜、パプリカを詰めたパッケージには「パナソニック」の文字が目を引く。価格は 6.9 シンガポールドル（約 560 円）とマレーシア産サラダの約 2 倍だが、一部で売り切れるなど出足は好調。20 代の女性社員は「少し高いけれど新鮮でおいしい」と驚く。取扱店舗は 26 店に増えた。野菜はシンガポール西部の工場団地で作られる。自動化設備を製造するパナソニックファクトリーソリューションズ（PFS）が倉庫を改修して 2014 年に水耕栽培を始めた。工場内では鉢植えのレタスや水菜、パプリカなどがギッシリと並べられ、発光ダイオード（LED）が発する紫色の光を浴びていた。露地物の約半分の 30 日ほどで出荷される。工場産野菜が売れるのはあんしん、安全、安全への意識が高まっているから。同国の野菜自給率は 1 割ほどで、野菜の輸入額はこの 10 年でほぼ倍増。中国などからの輸入野菜が増えるとともに残留農薬に不安を抱く消費者が増加。割高でも厳重に管理されて生産される工場産野菜に人気が集まる。

### 2015.3.21 日経 野菜工場の団地、展開、富士通・オリックス、IT 駆使、生産支援

両社は農業生産法人向けに大型野菜工場の共同運営に乗り出す。IT で最適な生育環境を整えた大型施設を建設し、生産法人に貸し出す仕組み。インフラを共有し合う工場団地形式にして、入居者の運用費負担を半分程度に抑える。企業のノウハウを使って生産性を高める効率的な農業が広がりそうだ。

**2015.3.7 日経 宇部に植物工場建設、栄養素増やした野菜生産、山大発 VB、MOT 総研**  
山口大学発ベンチャー企業（VB）でコンサルティングを手掛ける MOT 総合研究所グループは、宇部市に高機能・高付加価値の野菜を生産する植物工場を建設する。来春稼働予定で、山口大学と連携して、健康に役立つとされる栄養素を増やした野菜を栽培。健康志向の消費者を見込む。事業の拡大により 10 年後には 10 億円の売り上げを目指す。

#### **2014.11.13 日経 東芝、植物工場を公開**

横須賀市に設けた植物工場を報道陣に公開した。遊休工場のクリーンルームを転用し、ほぼ無菌状態に近い室内で通常より日持ちのするレタスなどを栽培する。「付加価値の高い野菜を提供」し、国内に加え、アジアや中東にも植物工場を展開していく考え。野菜の販売とともに工場のシステム提供も視野に入れる。「半導体で培った低コスト大量生産のノウハウも生かせる」。室内の温度や湿度、栽培に使う溶液の濃度などをセンサーで管理し、特定の栄養素を増やすなどして生産性を高める。

**2014.10.24 日経 LED で葉物野菜栽培、関連の半導体会社の技活用、Y&G、ディストリビューター（笠岡市）**

#### **2014.9.23 読売 植物工場、3年で3倍、屋内で無農薬、災害にも強く**

季節や天候に左右されず、安定的に野菜を作ることができる「植物工場」が、九州・山口・沖縄でも拡大している。

#### **2014.9.4 日経 植物工場へ参入続々、ローム、センサーで効率化**

ロームは植物工場ではイチゴの栽培を始めた。筑後市の半導体工場内に植物工場を設け、12月から収穫したイチゴの出荷を始める。通常の露地物の7～10倍の収穫量を見込む。

#### **2014.9.10 読売 宇部の商店街に野菜工場、空き店舗活用、9月オープン、地元企業が山口大学と連携、生産風景を公開**

ハミングロード新天町の空き店舗に9月、サラダなどに使われるベビーリーフを栽培、する植物工場をオープンする。ウベモクが山口大学などと連携して開設。

**2014.6.6 日経 植物工場、高効率生産探る、大規模化、ITで環境データ蓄積、コスト削**

## **減、野菜安く**

生育環境を自動制御して野菜や果物を栽培する植物工場で生産効率を向上させるお取り組みが目立つ。いままで露地物に比べ、高いと言う弱点があった。効率化で安い価格で出荷できるようになれば生産量が増え、植物工場の普及に弾みが付きそうだ。

**2014.5.14 読売 野菜工場すくすく、異業種から続々、競争激化、無農薬で安定生産、九州山口で3年で2.6倍**