

平成30年度 部局自己評価報告書 (14: 環境科学研究科)

II 特筆すべき取組 / 全学の第3期中期目標・中期計画への取組

【平成28年度取組】

28-1. 科研費 特別推進研究「地殻エネルギー・フロンティアの科学と技術」(中期計画番号 No. ⑰, ⑱, 21, 22, 23, ⑳, 27, 28)

土屋範芳教授を研究代表者とする本研究は、従来型地熱の開発対象領域である脆性環境を通り越した、その向こう側にあるより熱エネルギー環境が高い(400~500℃以上の)延性領域の開発を目的とした研究である。いままでこの環境では流体の流路となるき裂は乏しいと考えられていたが、さまざまな地域の地質調査から、脆性領域を越える環境でも岩石破壊や流体流動が確保できる可能性が観察されている。すなわち地殻エネルギーのフロンティアは、岩石と化学的相互作用ならびに誘発地震などの物理プロセスからも、400℃以上の高温地殻であり、ここが将来の地熱開発のターゲットとなりうる事が明らかとなった。超臨界地熱資源の開発対象は大きく分けて2つある。一つは鮮新世から更新世にかけての火山フロントとそこに形成されたカルデラ群であり、もう一つは、現世の火山前線周辺の有望地域である。現世の有望地域は、火山前線とホットフィンガーの交差点が最も確からしく、北から、八甲田地域、八幡平地域、栗駒地域、蔵王地域、および磐梯山地域に分けられる(図1)。これらの地域の超臨界地熱資源の類型化を行い、高温島弧の地熱資源および地熱有望地域を、即効性(promising)、蓋然性(probability)、可能性(possibility)、発展性(potentiality)という4つの概念を用いて整理、評価した。高温島弧の地熱熱構造と地熱流体解析のデータの解析技術を開発し、地熱資源と開発可能性の定量的評価方法を提案することができた。超臨界地熱資源の賦存可能性を明確に示すとともにその類型化を行い、今後の開発研究への指針を与えた。

28-2. 環境や健康に関わる諸問題のリスクの定量的解析(中期計画番号 No. ⑰, ⑱, 21, ㉒, 23, 25, 27, 28)

環境省環境研究総合推進事業等において、新規化学物質の環境リスク評価および環境基準の制定に関する中核機関として、駒井武教授を研究代表者として研究を遂行している。平成28年度および平成29年度では、発ガン性物質である1,4-ジオキサンの環境動態の解明に基づいた土壌調査法の開発に関する研究を進め、各種土壌中の当該物質の挙動および有効な調査法を検討し、土壌汚染対策に必要な基礎資料を作成した(図2)。その結果を中央環境審議会に提示して、新たな環境基準の制定に向けた検討が進められている。また、豊洲市場の土壌汚染問題等を対象として、ベンゼンや水銀等の揮発性化学物質の環境リスク評価の実践研究を行った(図3:毎日新聞に記事掲載)。一連の研究成果は国際誌論文や国際研究集会等を通じて情報発信を実施している。

28-3. NEDO 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究(中期計画番号 No. ⑰, ⑱, 21, 22, ㉓, 25, 27, 28)

本年度において、複数の燃料電池実用化技術開発並びに利用の高度化に資するNEDO(新エネルギー・産業技術開発機構)委託事業が行われた。「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発/固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究:川田達也教授」では、高効率、高耐久性の固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell: SOFC)の実現に向けて、特に燃料電池内部のセル構造体の解析と、シミュレーションを用いた迅速評価法の確立を目指した研究を行った。研究成果を、国際誌論文や学会等を通じて発表を行った。

28-4. 燃料電池に関するNEDO委託事業の継続(中期計画番号 No. ⑰, ⑱, 21, 22, ㉓, 25, 27, 28)

「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発：和田山智正教授」は、固体高分子形燃料電池電極触媒開発を念頭においた白金基合金ナノ構造のドライブプロセス合成と酸化還元反応の特性評価に関する研究である。本研究で検討された白金－窒素－コバルト (Pt-N-Co) ナノ粒子は、市販の白金／炭素 (Pt/C) 触媒より高活性で、かつ高い耐久性を持った触媒であることを明らかにした。また白金－イリジウム (Pt-Ir) 系モデル単結晶合金が、酸化還元反応活性と耐久性に優れた合金系として有望であることが明らかとなった。研究成果を、国際誌論文や学会等を通じて発表を行った。

28-5. JST-RISTEX 戦略的創造研究推進事業「未来の暮らし方を育む泉の創造」(中期計画番号 No. 19, 20, 21, 22, 23, 25, 28, ③⑤, ③⑥, ③⑧)

平成 27 年 10 月に、ライフスタイル変革の実証に関する新たな研究として、「未来の暮らし方を育む泉の創造」プロジェクト(研究代表者 古川柳蔵准教授)が、JST-RISTEX のプロジェクトとして採択された。本プロジェクトは将来の環境制約を踏まえたバックキャスト思考及び 90 歳ヒアリング手法を用いて、地域独自の心豊かなライフスタイルを創出する基盤を構築することを目的としている。本年度は、研究を進めるにあたって、モデル地区を含めた各協力自治体に、「未来の暮らし方を育む泉の創造 研究室」なる古川研究室分室を、秋田市、北上市、豊岡市、志摩市、沖永良部島(和泊町、知名町)に設置した(図 4)。

秋田市では、市職員を塾生とした「未来の暮らし創造塾」を開設し、バックキャスト手法により「未来の秋田における心豊かな暮らし」を描き、実現に向けた事業立案を行った。

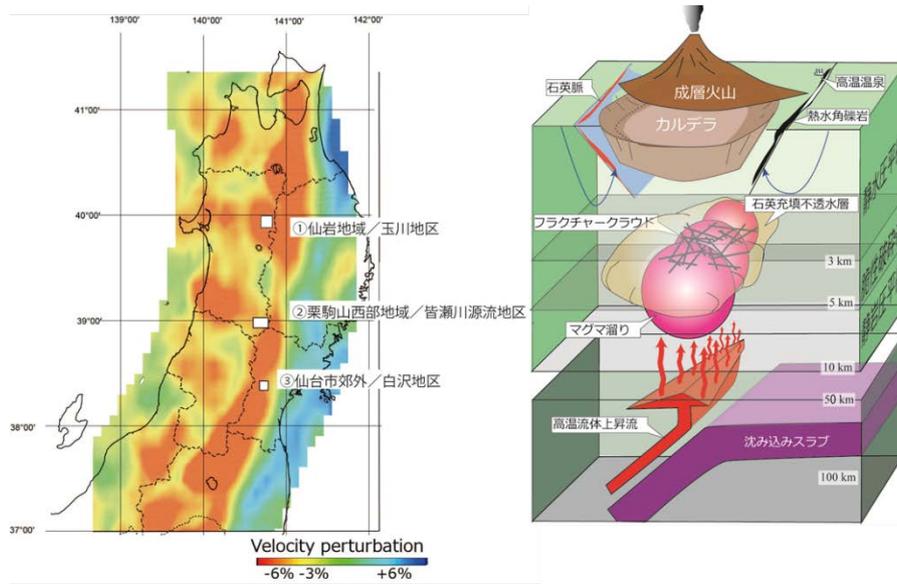
北上市では、民間セクターワーキングを設置し、展勝地にかかわる 10 名の民間セクターの人々とともに、展勝地における心豊かなライフスタイルのデザインを行った。

豊岡市では、中筋地区を中心に、地元の子供たちが地元産の野菜を食べる暮らし方の一つの提案として、ジャガイモや玉ねぎの雪室保存技術を導入し、また給食センターに野菜を供給できる体制を構築した。平成 28 年 10 月 29 日には、「未来の暮らし方を育む泉の創造シンポジウム in 豊岡」を開催し、中筋地区の取り組みを発表した。

平成 28 年 6 月に志摩市との間で、地方創生とライフスタイル変革プロジェクトの実施に関する協定書を締結し、地方創生の総合戦略と連携していくライフスタイル変革プロジェクトが開始された。志摩市の職員から構成される職員 WG とモデル地区として選定された波切地区の民間 WG を設置し、地域において 90 歳ヒアリングを実施するとともに、バックキャストによるライフスタイルデザインを実施した。また 10 月 7 日に「名水サミット in 志摩」が開催され、志摩市にある天の岩戸から流れる水を舞台に、90 歳ヒアリングを実施し、昔の暮らしの中でこの名水がどのような位置づけにあり、今、どのような関係を築いているのか、古川教授がパネルディスカッションでファシリテータを担当し、議論を展開させた。

沖永良部島では、平成 28 年 9 月 3、4 日の両日に、「未来の暮らし方を育む泉の創造シンポジウム in 沖永良部島」を開催し、島内外の参加者と未来の暮らし方の具体的な議論を分科会に分かれて実施した。

以上の研究は新聞記事として多数掲載され、またテレビや雑誌などでも紹介されている。



東北地方の超臨界地熱資源有望地

図1 沈み込み帯の断面(右)と東北地方の超臨界地熱資源の有望地域(左) (28-1)

1,4-ジオキサンの環境動態の把握に基づいた
 土壌調査法の開発に関する研究(平成27年度~平成29年度) 環境省委託研究
 研究代表者 東北大学大学院環境科学研究科 駒井 武

1. 研究の目的・背景
 発ガン性物質である1,4-ジオキサンの土壌環境中の特性は基本的な検討に留まり、土壌調査法や対策に直接結びつくような研究開発はなされていない。特に、わが国の土質特有の環境パラメータの取得は行われていない。そのため、**新たな環境基準制定に向けて環境動態把握に基づいた簡易調査方法やスクリーニング法の開発が重要である。**

2. 研究の実施内容
 1,4-ジオキサンの土壌や地下水環境中の動態を把握し、有効かつ簡易な**土壌調査手法やスクリーニング法**を見出すために、以下の研究開発を実施した。
 1) 土壌・地下水における環境動態の解明
 → 1,4-ジオキサンの物理化学特性や移動特性を実験的に把握し、その環境動態(図1)を定量的に把握した。
 2) 簡易調査及びスクリーニング法の開発
 → 1,4-ジオキサンの土壌・地下水中の汚染を簡易に調査・分析するための手法(図2)を提案し現場試験において実証した。

3. 研究の主な成果
 ・ 1,4-ジオキサンの移動性や残留性は、土壌種の特徴や環境条件等によって変化するため、簡易調査法の開発では**わが国特有の土壌や地下水の特性を反映する必要がある。**
 ・ 地上建物や舗装等のある用地では降雨の影響が小さく、**不飽和土壌中に残留する可能性がある。**
 ・ 地下水調査とMIP法等の**アクティブな土壌ガス調査**を併用した新手法を現場に適用できる可能性を提示した。
 ・ 環境リスク評価の結果として、**新たな土壌環境基準制定の基礎資料**を提示することができた。

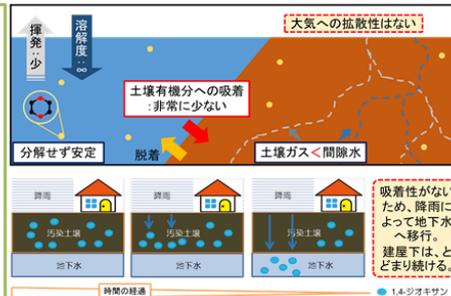


図1 1,4-ジオキサンの環境中の移動特性イメージ

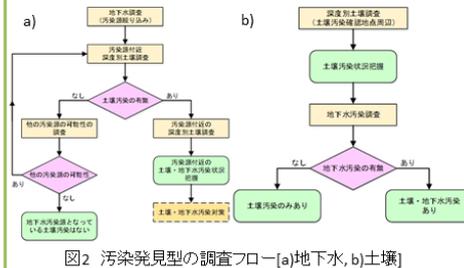


図2 汚染発見型の調査フロー[a]地下水, b)土壌]

図2 1,4-ジオキサンの環境動態の把握に基づいた土壌調査法の開発 (28-2)



図3 平成30年3月20日の毎日新聞に掲載された記事(28-2)



図4 披露された沖永良部島分室の看板(看板の左側に立つ人物が古川柳蔵准教授、看板の右側に立つ人物は平安正盛町長)(28-5)

【平成 29 年度取組】

29-1. NEDO 超臨界地熱資源量評価研究（中期計画番号 No. ⑱, ㉓, 21, ㉔, 23, 25, 27, 28）

NEDO の未来開拓推進事業において、超臨界地熱資源量評価に関する研究を行う国内研究グループの中核機関として、土屋範芳教授を代表とした研究を遂行し、東北地方に賦存する超臨界地熱資源の特性、開発方法、経済性について検討を行い、十分な資源量と経済性があることを明らかにした（図 5）。現在、世界では、アイスランド、イタリア、アメリカ合衆国において、深部地熱探査のための先進掘削が行われており、平成 30 年 3 月には仙台で国際ワークショップを開催し、情報交換を行った。

29-2. NEDO 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（中期計画番号 No. ⑱, ㉓, 21, 22, ㉔, 25, 27, 28）

NEDO の委託事業「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発／固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」において、川田達也教授が、プロジェクトに参加する大学・研究機関からなる基盤コンソーシアムをとりまとめるとともに、学内の複数の部局の教員と連携して研究を進め、燃料電池の中心部であるセル・スタックに生じる応力や変形を実験とシミュレーションによって評価する手法を提案し、メーカーの開発を支援した（図 6）。

固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell: SOFC)は、家庭用・事業用等の比較的小さなシステムで最先端の大規模火力発電に匹敵する高効率(>60%LHV)を達成できることから自然エネルギーを補完する電源として期待され、世界各地で開発が進められている。平成 29 年 7 月には、米国フロリダ州で第 15 回 SOFC 国際シンポジウムを開催し、約 400 件の口頭・ポスター発表を得て情報交換を行った。

29-3. NEDO 先進低白金化技術開発（中期計画番号 No. ⑱, ㉓, 21, 22, ㉔, 25, 27, 28）

NEDO「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発」プロジェクトに、和田山智正教授が参画している。次世代燃料電池自動車用高性能触媒開発が世界規模で精力的に行われているが、当該参画プロジェクトでは実用条件下における耐久性を考慮した新規コアシェル触媒開発に重きを置いており、東北大グループではコアおよび中間層に関する原子レベルの開発設計指針の提言を目指した基礎研究を担当している（図 7）。この間、特許出願や Spring-8 を利用した共同研究を実施し、他にはない新しい知見を得るとともに、「みやぎ県政だより」H29 年度 9・10 月号において“水素社会の実現を目指して”と題した情報発信を行った（図 8）。

29-4. JST 未来社会創造事業「ハロゲン循環による材料の高資源化プロセスの開発に関する研究」（中期計画番号 No. ⑱, ㉓, 21, ㉔, 23, 25, 27, 28）

JST 未来社会創造事業において、ハロゲン循環による材料の高資源化プロセスの開発に関する研究（研究代表者 吉岡敏明教授）が採択され、29 年度は探索研究として 31 年度以降の本格研究に向けた準備を学内研究者 7 名と国内企業 5 社でスタートさせた（図 9）。探索研究期間においては特にリサイクル関係企業のみならず製造企業の参画も準備しており、要素基盤技術の実用化を行っている。平成 30 年 7 月には本学においてリサイクル関係学会の中で特別シンポジウムを開催した。

29-5. JST-RISTEX 戦略的創造研究推進事業「未来の暮らし方を育む泉の創造」（中期計画番号 No. 19, 20, 21, 22, 23, 25, 28, ㉕, ㉖, ㉗）

JST-RISTEX 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）「持続可能な多世代共創社会の

デザイン」研究開発領域の研究開発プロジェクト「未来の暮らし方を育む泉の創造」（研究代表者 古川柳蔵准教授）において、北上市、豊岡市、沖永良部島、伊勢志摩地域と共同で、戦前の暮らしから学ぶ90歳ヒアリング手法及びバックキャストによるライフスタイルデザイン手法を用いて、未来の心豊かなライフスタイルをデザインし、その実現に必要な事業、ビジネス、施策を検討し、新しいライフスタイルの体験会が開催され、住民を巻き込んだ活動へと広がり、新事業が開始されるなど、ライフスタイル変革の初動の手法論の骨格が完成した（図10）。研究協力者として、各自治体で実施しているワーキンググループ等のメンバーは総勢210名にのぼり、数多くの地域の人々と連携してプロジェクトを進めることができた。研究成果は、講演7件、新聞テレビ報道で37件など広く一般市民への普及に努め、学術的には合計3件の査読付き論文と学会発表6件で成果を公表した。ユニセフ、ユネスコ等の国際機関に対しても手法の独自性が評価された。他地域において「うちも同じように実施してほしい」という声も多数あり、各地域へ本手法は拡大している。

超臨界地熱資源

地質モデル

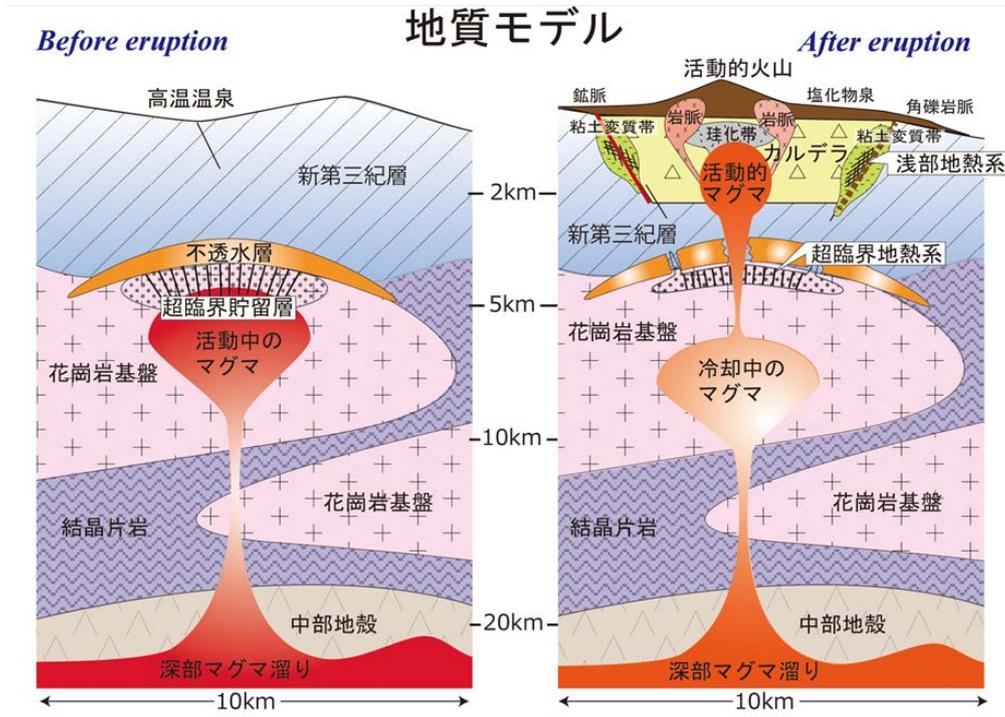


図5 科研費特別推進研究「地殻エネルギー・フロンティアの科学と技術」超臨界地熱発電とその地質学的モデル (29-1)

平成28年度研究成果 積層構造体解析+シミュレーション 委託先 東北大学

セル・スタックの挙動解析～運転時挙動のその場計測～

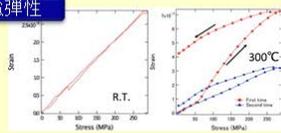
実セルの解析 スタックメーカー各社と共同研究

起動・停止、運転時のセル形状・寸法の変化をレーザー変位計でその場測定し、信頼性への影響を抽出。モデルセル試験の結果をシミュレーションのパラメータ決定にフィードバック。

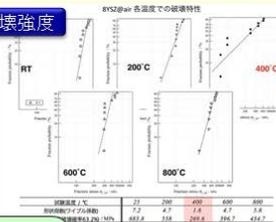


基礎材料データの取得 ～信頼性評価の精度向上～

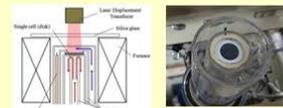
ScSZの弾塑性



8YSZの破壊強度



モデルセルの解析



シミュレーションツールの汎用化 ～汎用構造解析ソフトと連携する酸素ポテンシャルシミュレータ“SIMUDEL”～

混合導電性・酸素不足比性を考慮した非定常解析

$$\text{酸素イオン: } -\frac{c}{2F}(\dot{n}_{O_2} - 2\dot{n}_e) = -\nabla \cdot \left(\frac{\sigma_{O_2}}{2F} \nabla \eta_{O_2} \right) + \dot{I}_{O_2} \quad \text{3相界面で湧き出し}$$

$$\text{電子: } -\frac{c}{2F}(2\dot{n}_e - \dot{n}_{O_2}) = -\nabla \cdot \left(\frac{\sigma_e}{2F} \nabla \eta_e \right) + \dot{I}_e \quad \text{局所平衡の式: } (\mu_{O_2} = \eta_{O_2} - 2\eta_e)$$



図6 NEDO 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究 (29-2)

NEDO「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発」

平成29年度成果

- ✓ Pt/TaCコアシェルナノ粒子やPt-Si合金ナノ粒子をドライプロセス法により新規合成することに成功し、高い活性・耐久性を有する優れた触媒であることを示した
- ✓ Pt/Co(N)/Pt(111)モデル触媒の特性評価から、Pt層に働く歪みと触媒活性の関係を明らかにした

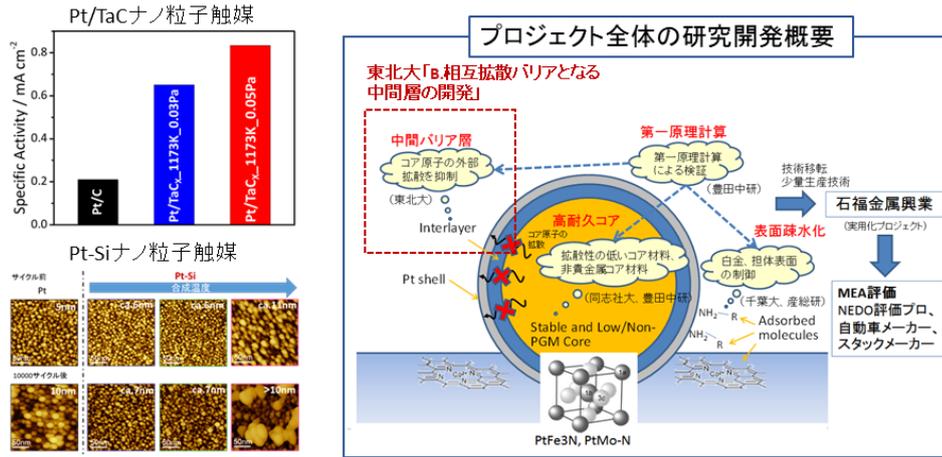


図7 NEDO 先進低白金化技術開発の概要と成果 (29-3)

2018/7/31

ウェブブック - 掲載日より平成29年9月 - 10月号

図2. 水素エネルギー利用の形態

図1. 水素エネルギーの利点

FCVの導入促進

ENE-FARMの普及促進

FCVカーレンタルの導入実証

FCVタクシーの実証運行

7 水素エネルギー利用の形態と利点

2018/7/31

ウェブブック - 掲載日より平成29年9月 - 10月号

特集2

水素社会の実現を目指して

水素社会の実現に向けて、東北大学は、水素エネルギーの利点を最大限に活かすための取り組みを進めています。...

表/みやぎ水素エネルギー活用推進ビジョン(平成27年9月策定)

基本方針

災害対応能力の強化や環境負荷の低減に加え、産業現場でも効果が見込める水素エネルギーの活用推進に向けた取組を積極的に進め、東北における水素社会実現の基盤を構築する。

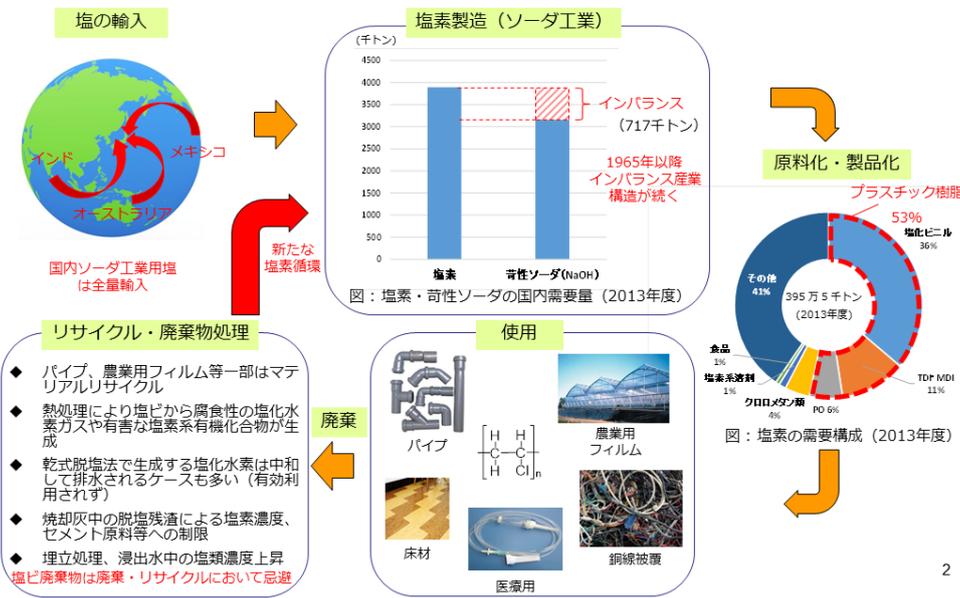
推進プロジェクト

①FCV導入促進プロジェクト、②水素ステーション整備促進プロジェクト、③ENE-FARM普及促進プロジェクト、④水素エネルギー産業等応用プロジェクト、⑤水素エネルギー普及啓発プロジェクト

8 水素社会の実現を目指して

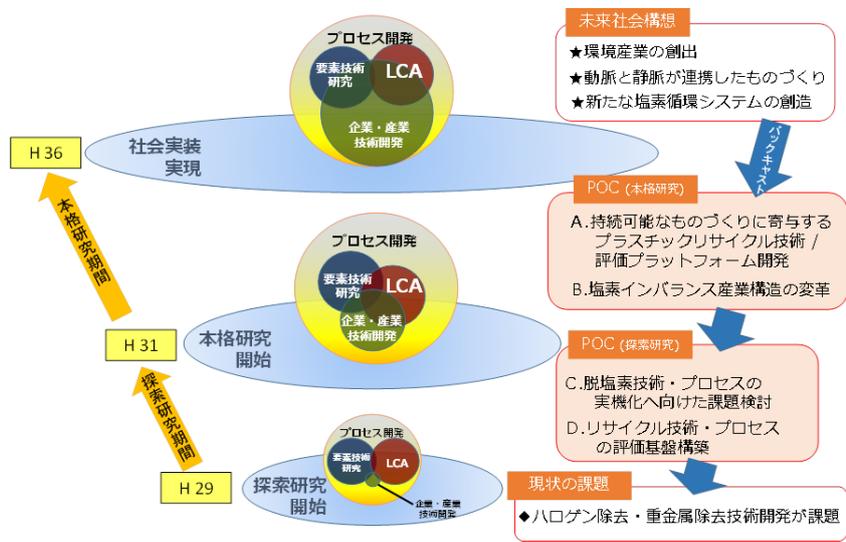
図8 “水素社会の実現を目指して”「みやぎ県政だより」9・10月号に掲載 (29-3)

塩素のマテリアルフロー概略および本研究開発提案による新たな塩素循環



2

本研究開発提案の概要および達成を目指すPOC



3

図9 JST 未来社会創造事業「ハロゲン循環による材料の高資源化プロセスの開発に関する研究」概要と達成を目指すPOC (概念実証) (29-4)

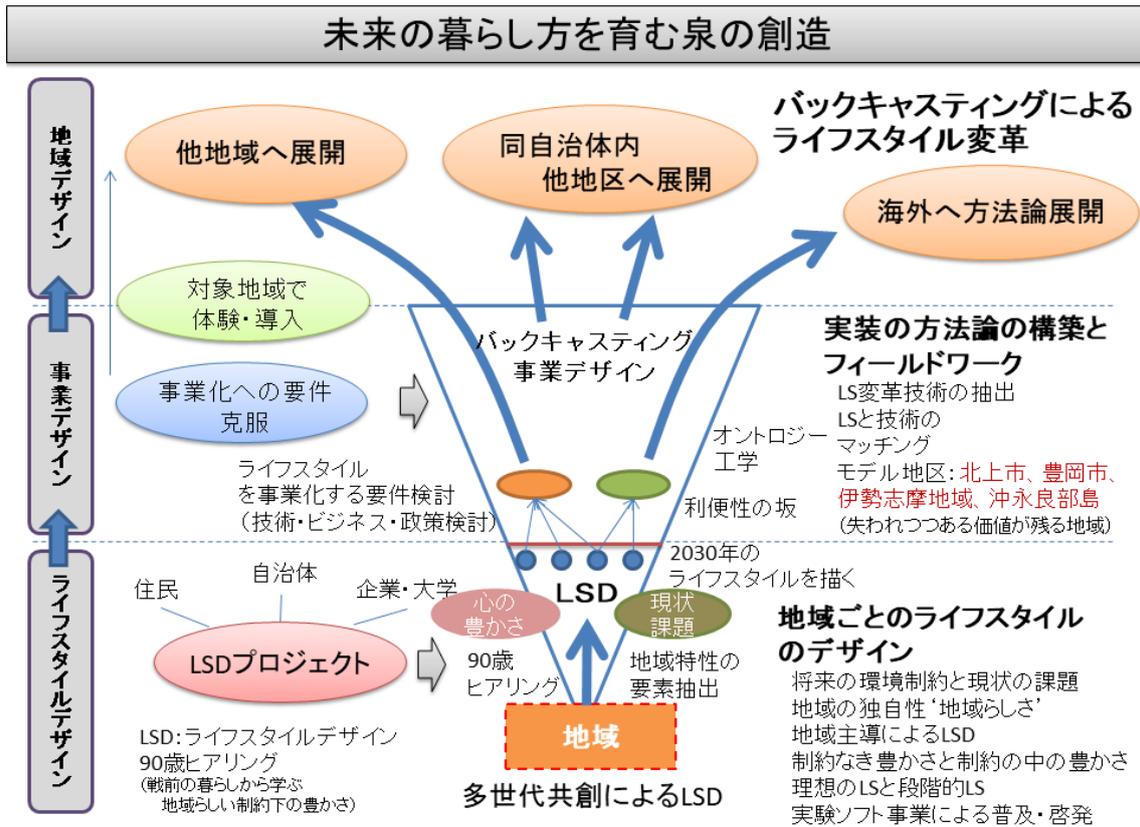


図 1 0 JST-RISTEX 戦略的創造研究推進事業「未来の暮らし方を育む泉の創造」(29-5)