

# AQUA

INNOVATION

SHINSHU UNIVERSITY



世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献する

アクア・イノベーション拠点



革新的イノベーション  
創出プログラム



# 水循環社会の実現により、世界中の人々の生活の質・Quality of Lifeを向上

信州大学、(株)日立製作所、東レ(株)、昭和電工(株)、物質・材料研究機構、長野県が共同提案したイノベーション拠点(COI)の構想が2013年10月末、文部科学省および科学技術振興機構が推進する「革新的イノベーション創出プログラム(COI STREAM)」の一つ、COIプログラムの拠点として採択されました。これが信州大学を中核とする「世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点」(以下、「アクア・イノベーション拠点」と略す)です。

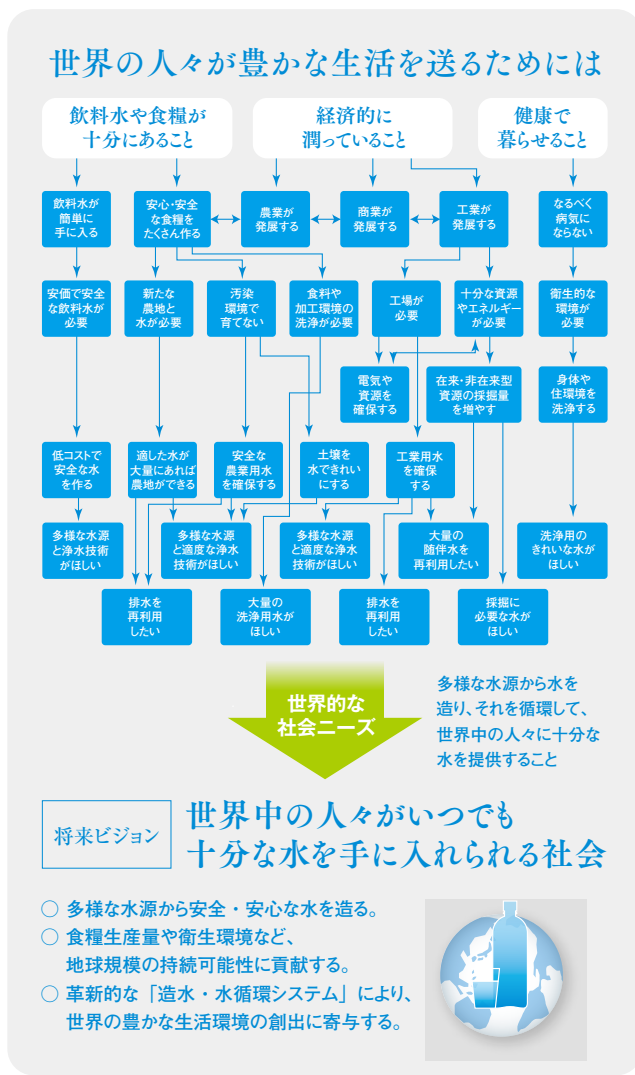
## 3つのビジョン(10年後の日本が目指すべき姿)



COIプログラムは上図のように三つのビジョンを掲げ、将来における社会ニーズから現在の研究テーマを探るバックキャスト型の研究開発を、最長9年間、全国各地に設置されたイノベーション拠点で進めるものです。

信州大学でも提案にあたり、産学官などさまざまなバックグラウンドの人材を集め、未来志向の対話型ワークショップ、いわゆるフューチャーセッションを開催し、研究開発テーマを絞り込みました。

その結果、世界の人々が豊かな生活を享受するには、「飲料水や食料が十分にあること」、「経済的に潤っていること」、「健康で暮らせること」などが満たされる必要があること。さらに、「多様な水源から水を造り、それを循環して、世界中の人々に十分な水を提供すること」(革新的な造水・水循環システムの構築)が、活気ある持続可能な社会の構築に寄与するという結論を得ました。



## 信大COIの技術でSDGs達成に貢献



2015年に国連サミットで採択された「持続可能な開発目標(SDGs:Sustainable Development Goals)」は、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標です。

17のゴールのひとつがゴール6「安全な水とトイレを世界中に」。信州大学アクア・イノベーション拠点は、ゴール6を達成するため、信州大学が得意とする材料技術を駆使して、海水をはじめとする多様な水源から使える水を造り循環させる「革新的な造水・水循環システム」の構築により、安全で豊かな生活を支える水循環社会を実現し、世界中の人々の生活の質(Quality of Life, QOL)の向上に貢献します。

# ごあいさつ



国立大学法人信州大学 学長

## 濱田 州博

信州大学は、山々に囲まれた自然環境を大切に、人に優しい社会を目指して教育・研究を行い、地域の企業や社会と連携した取り組みを積極的に展開してきました。研究面では、自然との調和のもと、世界に通じる独創的研究を学際的に推進しています。

COIプログラムは、10年後の日本が目指すべき姿を見据えたビジョン主導型の研究開発であり、アクア・イノベーション拠点は「世界中の人々がいつでも十分な水を手に入れられる社会」の構築を目指しております。実現に向けて取り

組んでいるのが、革新的な「造水・水循環システム」です。ここでは、本学の強みであるナノファイバー工学や材料科学の研究を中心とした全学の英知を結集するとともに、参画研究機関や企業とのオールジャパンの研究体制を組み、ナノ濾過(NF)膜や逆浸透(RO)膜の研究と同時に、社会実装に向けたモジュール化、システム化を目指しております。一口に社会実装といっても、その場所や目的によって非常に多様で、異なる視点から考える必要があります。このため皆様のご協力・ご支援をよろしくお願い申し上げます。



プロジェクトリーダー  
株式会社日立製作所  
水・環境ビジネスユニット CTO

## 大西 真人

我々が生存していくために、水が必須であることは言うまでもありませんが、現実には世界的な水不足や汚染が発生し、全ての人々が安心、安全な水を得て生活している訳ではありません。2015年の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」の目標6では、2030年までにすべての人に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保するとしており、目標実現に向けた取り組みが重要となっています。

本COIでは、信州大学の突出したナノカーボン技術をベースに、イノベティブな造水・水循環システムの社会実装を旨としてきました。9年間のプロジェクトも最終段階を迎え、今後さらにカーボン技術を進化させ、高品質でロバストな分離膜を製膜、モジュール化、システム実装することで、人々の豊かな生活の実現と社会発展に貢献します。



研究リーダー  
信州大学  
特別荣誉教授

## 遠藤 守信

21世紀の人類の持続可能性を左右する最重要課題の一つは、水問題です。本プロジェクトは、造水の科学と技術で革新を実現して豊潤な飲料水、産業用水、農・畜産用水を利用可能とし、さらに資源採掘に際しての随伴水処理や海水等からの希少資源回収にも応用展開しようとするものです。

この造水イノベーションに向けて、本拠点ではナノ炭素体によるテララーメードの革新的ロバスト造水膜とそのデバイス化、造水プラント・システム化、水循環シミュレーション等のR&Dをコンカレントに推進します。信州大学を中心に実績を誇る各参画メンバーがオールジャパン体制で集結し、産官学連携研究を推進します。

本プロジェクトによって世界展開ビジネスモデルを構築し、国内外、地域での新産業の創出に寄与し、もって造水の科学と技術のイノベーションで豊かな地球水世紀の実現を目指します。



サブプロジェクトリーダー  
東レ株式会社  
地球環境研究所 所長

## 高橋 弘造

きれいな水と衛生へのアクセスは、「持続可能な開発目標(SDGs)」に掲げられたグローバルな目標の一つです。安全・安心な水を確保するために、分離膜は、その技術進化もあり、海水淡水化、超純水製造、浄水処理、下廃水再利用などに適用されています。海水淡水化では、逆浸透膜を中心に、世界中で約3千万トン/日以上を造水し、飲料水や生活水の供給を支えています。

様々な水質をもった水域において、分離膜を用いた水処理プラントが拡大する中、分離膜の汚れによる運転リスク、トラブルが顕在化しています。分離膜による造水技術において、汚れに強い膜、そして、さらなる省エネ・ロバスト化による造水コストの低減が、喫緊の課題です。

さらには、これまで利用されなかった様々な水に分離膜技術が適用できれば、世界規模で不足する水や資源の循環が可能となることも期待されています。

アクア・イノベーション拠点で信州大学を中心に、産官学連携を密にした研究・開発を進めており、分離膜技術のさらなる飛躍が期待されます。



長野県知事

## 阿部 守一

アクア・イノベーション拠点として「信州大学国際科学イノベーションセンター」が設置され、日立製作所や東レをはじめ、多くの企業や研究機関等の皆様が集まり、世界の水問題を解決する「革新的な造水・水循環システム」の実現に向け、本県が誇るナノカーボン技術を応用した新しい水分離膜等の研究開発にご尽力を賜り、感謝申し上げます。

本事業は、県の総合5か年計画「しあわせ信州創造プラン」の次世代産業の創出に結び付く取組として、大いに期待しているところです。

県としても、本事業に参加し、高い技術力を持つ県内企業の参加促進を図るための技術交流会への支援等、研究開発の早期事業化に向け、今後も積極的に推進してまいります。

関係各位が益々ご活躍されますとともに、本拠点の研究開発が革新的な成果を生み、未来社会の発展に大きく貢献されますことを祈念申し上げます。



# 安全・安心な水の確保は世界的な課題に 求められる質と量のバランス

都市への人口集中、商工業化、経済のグローバル化などにより、安全・安心な水の確保はいま、世界的な課題となっています。世界保健機関(WHO)とユニセフの報告では、世界では22億人余りが安全な水を自宅で入手できず、42億人が安全に管理されたトイレを使用できていないとされ、年間180万人の子どもが汚染水で命を落としているとされています。また、国連FAOの発表では、農業用水の不足等により8億人以上が食料不足にさらされているとされ、水を巡る問題は近年深刻化しています。さらに、2050年には98億人を超えるとされる世界人口が、水の危機に拍車をかけると予想されています。

水は人類にとって必要不可欠なものです。地球上の水のほとんどは海水や氷河など、物性面や地理的な問題から人類が使用することが困難です。人類が利用可能な淡水源(浅地下水・河川水等)は14万立方キロメートル(全体の0.01%)に過ぎません。

現在、世界で取水された水は、農業用水7、工業用水2、生活用

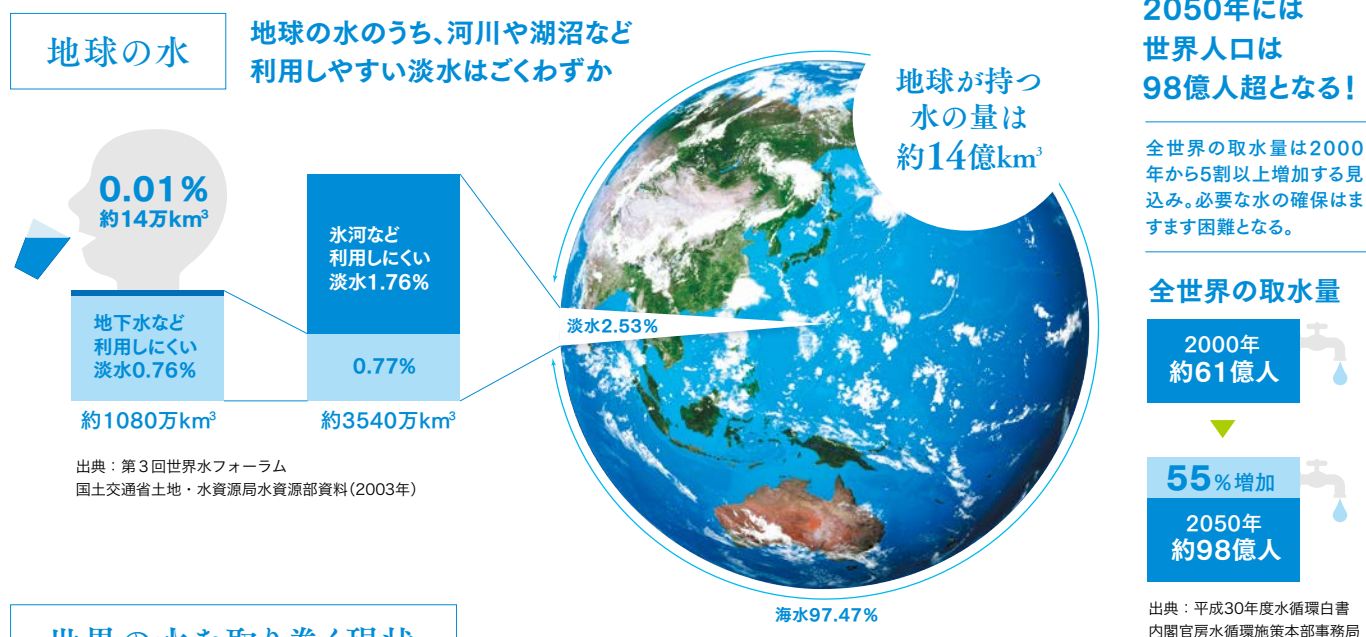
水1の割合で使われており、食料生産に必要な農業用水の割合が大きくなっています。すでに農業用水の不足等に伴う食料不足が顕在化しており、今後も発展途上国を中心とした急激な人口増加が進む中で、食料の需給逼迫と価格高騰が確実視されています。

人類の生活に必要な水として、多くの国や地域で、水道水が飲用に耐える水質を保つことが要求されていますが、飲用水では、より安全で良質な水への欲求が強く、わずかな異臭や有害物質の混入が不安・不満の原因となります。一方、水の使用量の9割を占める農業用水や工業用水においては、飲用水ほどの品質は必要とはなりません。このため用途に合わせた水の量と質を確保することが重要となっています。

水を巡るさまざまな課題を背景に、革新的な造水・水循環システムを実用化に向け、バックキャストから導き出された研究課題が、右図の①から⑥です。

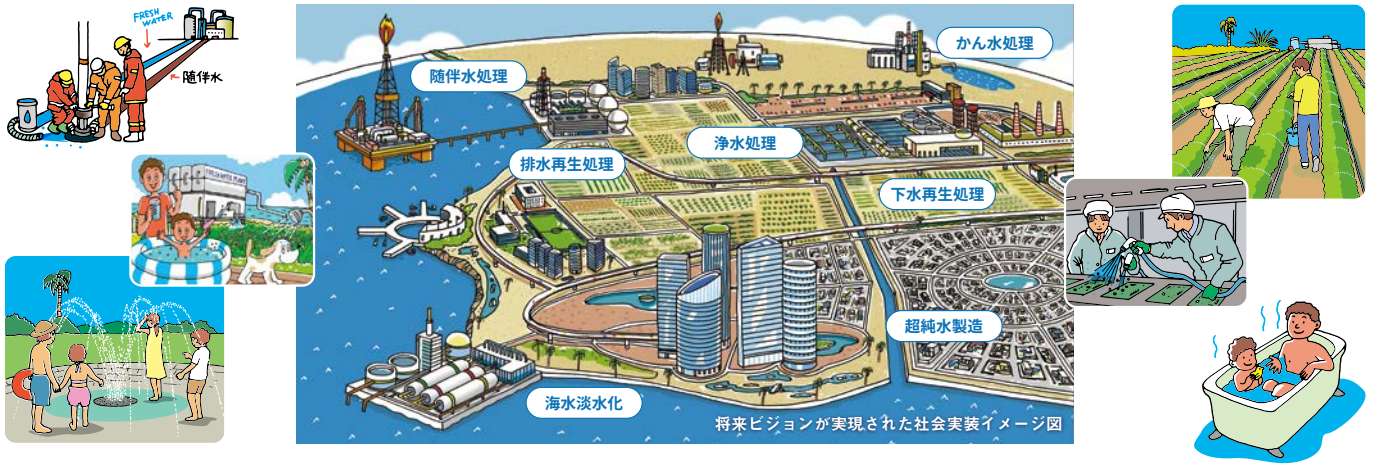
## 世界の水事情

## 使える水は地球の水の0.01%



## 世界の水を取り巻く現状

- 22億人が安全な水を自宅で入手できない、8億人以上が十分な農業用水がない等で食糧不足
- 水の偏在化・需要と供給のバランスが取れていない
- 水圏有用資源の採取の重要性和、国際競争の激化
- 海水・かん水等からの造水の低コスト化、省エネ化が課題
- 工業用水・資源開発用水の確保、排水の循環利用化が課題
- 既存の人為的水循環システムは自然循環を考慮していない、地域の水循環は、その周囲の地域の水循環との相互関係の上に成り立つオープンシステム



## 水問題解決の鍵を握る、新素材の水分離膜

これらの基盤研究となるのが、信州大学が得意とするナノカーボン技術を用いて、脱塩、物質分離が可能で、ロバスト（頑強）性のある水分離膜を開発することです。これが安いコストで実現できれば、①海水の淡水化が広く一般的になるだけでなく、油や粒子、重金属の吸着除去などの一次処理と組み合わせることで、②石油などの資源採取に伴い発生する随伴水の処理、さらには③湖沼などにある塩分を含むかん水の淡水化と有価物の回収、が可能となります。

海水の脱塩は石油由来の原料を使った逆浸透（RO）膜によってすでに実用化され、アジア、中東地域などで飲料水用などに

使われています。さらに、水の用途のおよそ7割を占める農業用水への利用を促進するためには、さらなる低コスト化が必要とされています。カーボンなどの新素材を使ったイノベーションにより、省エネルギーで高性能な造水システムが実現すれば、発展途上国にも普及していくと考えられます。

そのためには、開発された新素材をモジュール化してテストプラントに組み込み、システム上の問題点を改良していかなければなりません。本拠点には、大学、研究機関、企業、自治体などから人材が結集し、強固な産学官連携により、革新的な造水・水循環システムの実用化に取り組んでいきます。

### バックキャストから導き出された研究課題

- 海水 ① 省エネ等による海水淡水化の超低コスト化
- 随伴水 ② 在来/非在来型資源開発における随伴水処理と再利用化
- かん水 ③ かん水等の利用技術の確立と有用物質の分離

- ④ 水関連科学技術の高度化
- ⑤ 自然循環と融合した水循環システムの設計・評価
- ⑥ 革新的な「造水・水循環システム」の社会実装の推進

➡ バックキャストとは、将来ビジョンから現在を振り返って、今、何をすればいいかを考える発想方法

共通となる  
基盤技術

ロバスト  
分離膜・  
モジュール化  
技術

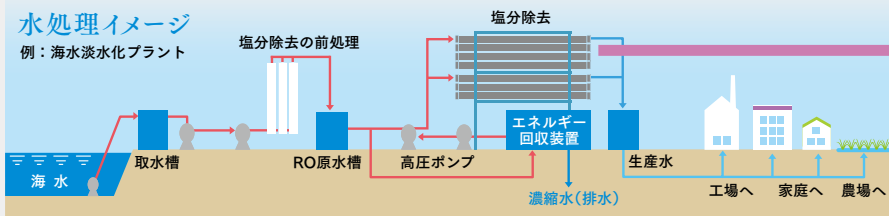
システム化  
技術

周辺処理  
技術

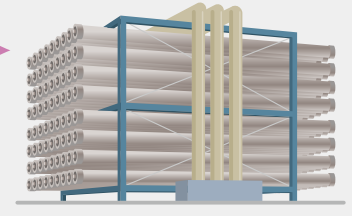
### 将来ビジョン実現のキーテクノロジー

#### 水処理イメージ

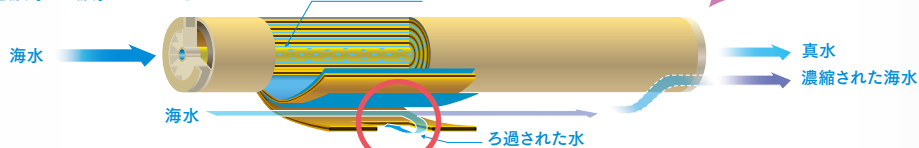
例：海水淡水化プラント



#### プラント内部の拡大図

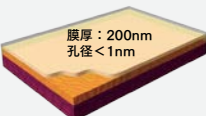


#### 逆浸透膜（RO膜）エレメント



高分子を用いた逆浸透（RO）膜等

分離膜  
支持層  
基材



既存技術

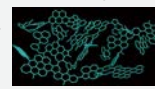
【課題】  
・高圧ポンプのエネルギー消費が大きい  
・高温海水（40℃以上）への適用  
・耐ファウリング性

高濃度塩分  
を除去する  
分離膜

省エネ性や耐久性  
の向上を図る

新規技術 ロバストカーボン膜

流路となる炭素ナノ孔を精緻に制御



カーボン等の材料特性を生かして分離膜技術を革新

本拠点で研究開発し、モジュール化・システム化を経て、革新的な「造水・水循環システム」を実現へ



# 強固な産学官連携で世界屈指の技術を融合

アクア・イノベーション拠点が目指すのは、世界的に役立つ革新的な造水・水循環システムの実用化。それを実現するためには、日本の企業や大学などの研究機関が持つ世界屈指の技術を融合させていく必要があります。研究チームの役割分担と同時並行で進行する研究開発の関係を示したのが、7ページの図です。

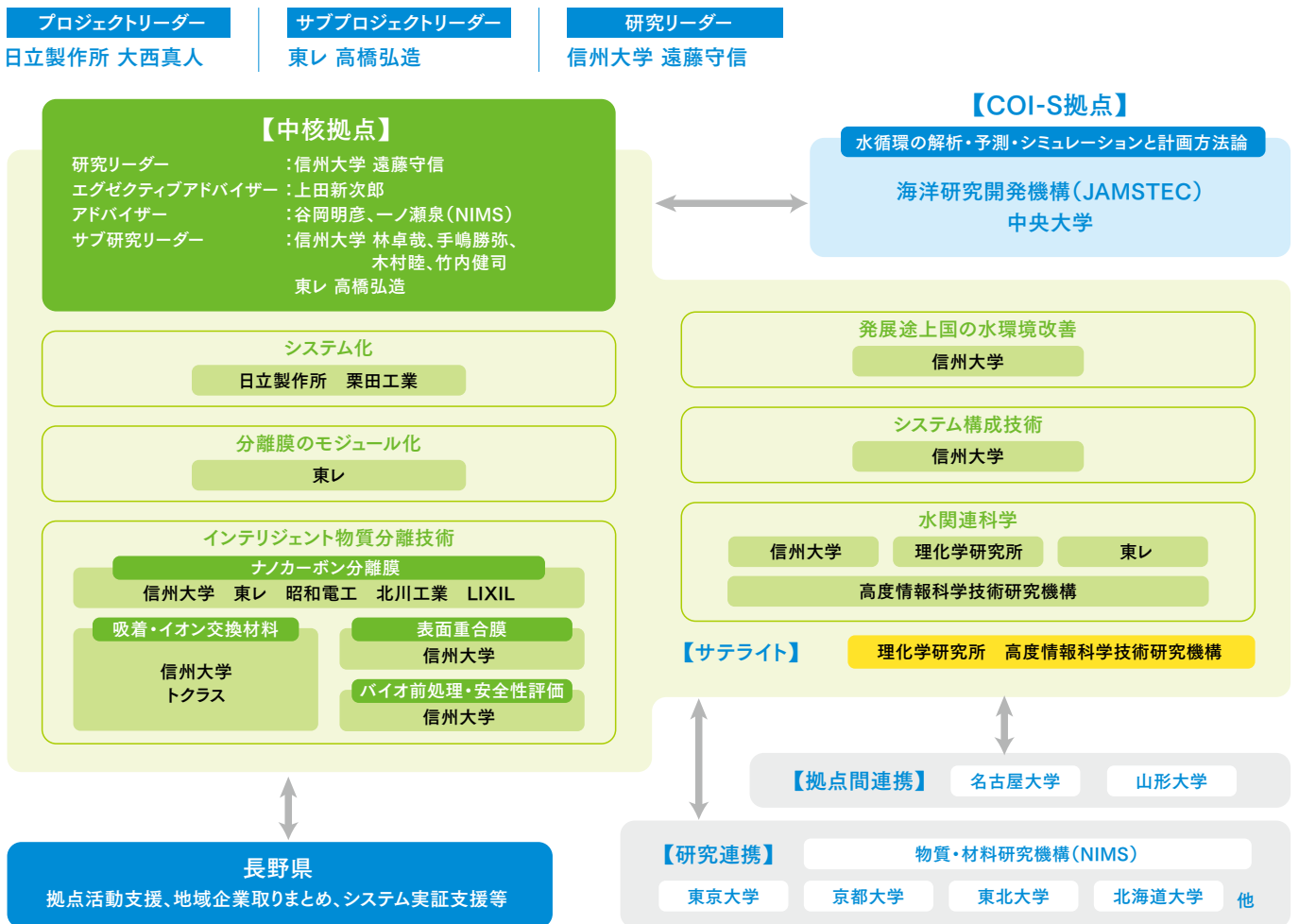
ナノカーボンの研究で世界的に知られる遠藤守信・特別荣誉教授が率いる信州大、東レ、昭和電工、北川工業、LIXILのチームが、カーボン膜の開発を進めています。

信州大学の林卓哉教授は膜の構造解析や細孔分析、高度情報科学技術研究機構は原子レベルのモデル化やシミュレーションを行うことにより、ナノカーボン膜の透水性や耐ファウリング(汚濁)性等の特徴を解析し、膜の性能向上やモジュール構造の最適化を図ります。理化学研究所のチームは、膜とファウラント(汚濁の原因物質)との相互作用の解析、膜のファウリング予測手法の開発

を行い、ファウリングを考慮した膜の設計指針や運転管理手法を構築します。

ナノカーボンなどの新素材を使ったイノベーションで、省エネルギーで高性能な造水技術・システムが実現すれば、海水の淡水化が発展途上国でも一般的になるだけでなく、下水や産業排水などの汚水を処理して再利用したり、POU(Point of Use)のような小規模浄水システムとしても利用したりできると考えられます。

信州大学の手嶋勝弥教授のチームはさまざまな無機結晶を用いて、汚染された地下水や水道水等に含まれる重金属やフッ素等の有害物除去に取り組んでいます。信州大学の木村睦教授のチームは機能高分子化学の知見を活かし、有用物質を分離するための膜形成プロセスの開発や、水中に含まれるフッ素等の濃度を低コストでモニタリングする技術の開発を進めています。



こうした基盤技術を確認した上で実用化していくためには、開発された新素材の膜をモジュール化・システム化してテストプラントに組み込み、システム全体としての問題点を解決していかなければなりません。東レ、日立製作所、栗田工業がこれを担います。

信州大学の野口徹特任教授は、カーボンナノチューブで強化したゴムや樹脂など世界最強のスーパーマテリアルを開発した経験を活かし、堅牢で高機能のシール材・構造材の実用化を図ります。また、COI-Sサテライトの海洋研究開発機構(JAMSTEC)のグ

ループは、人工の造水・水循環システムを、自然の大循環の中に無理なく位置づけるため、世界に先駆けて自然の「水」大循環モデルを開発し、シミュレーションによる評価を行います。

このように本拠点には、大学、研究機関、企業などから人材が集集しており、オールジャパン体制の強固な産学官連携で基盤技術の開発から社会実装までを担い、革新的な造水・水循環システムの実用化を成し遂げようとしています。

## 実現の鍵となる研究開発テーマ

### 1. ナノカーボン分離膜による脱塩技術の開発

〈遠藤守信、竹内健司(信州大学):東レ(株)、昭和電工(株)、北川工業(株)、LIXIL) 従来の脱塩用高分子膜は、高圧ポンプのエネルギー消費や耐薬品性に課題がありました。そこでナノカーボン材料を使用することにより、脱塩・透水性に加えて耐ファウリング(汚濁)性や耐塩素性等のロバスト(頑強)性に優れた膜を開発します。

### 2. ナノカーボンRO(逆浸透)膜のモジュール化〈東レ(株)〉

海水淡水化から排水再利用まで幅広く適用することを目的に、開発したナノカーボン膜に適した基材やスペーサ等の検討を行い、モジュール化技術を確立します。

### 3. ナノカーボンRO膜のシステム化〈(株)日立製作所、栗田工業(株)〉

膜開発やモジュール化のチームと連携しつつ、開発した膜のロバスト性を生かした実装方法を検討し、海水淡水化・下排水の再生・超純水製造を対象とした実証試験を行って、社会実装できるシステムに仕上げます。

### 4. 膜・モジュールの設計高度化

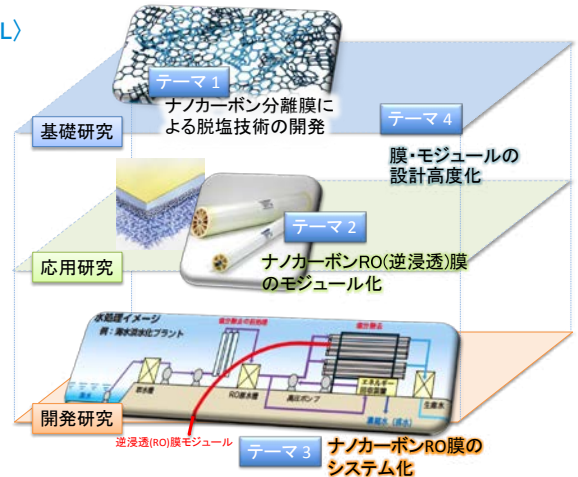
〈林卓哉(信州大学):理化学研究所、高度情報科学技術研究機構) 計算科学や構造解析・細孔分析等の側面からカーボン膜の開発を支援します。また、流体シミュレーション等により、モジュール設計を高度化します。

### 5. ナノ材料科学を用いた新材料・新プロセスの開発

〈手嶋勝弥、木村睦(信州大学):トクラス(株)〉 重金属等の有害イオンを除去する無機結晶材、特定物質を選択的に透過させるパレン表面重合膜を開発し、システム化を行います。また、ナノ材料とゴムや樹脂との複合化により、耐久性や耐熱性を飛躍的に高めた新材料を開発します。

### 6. 水環境エンジニアリング〈COI-S 高橋桂子(JAMSTEC):中央大学〉〈信州大学〉

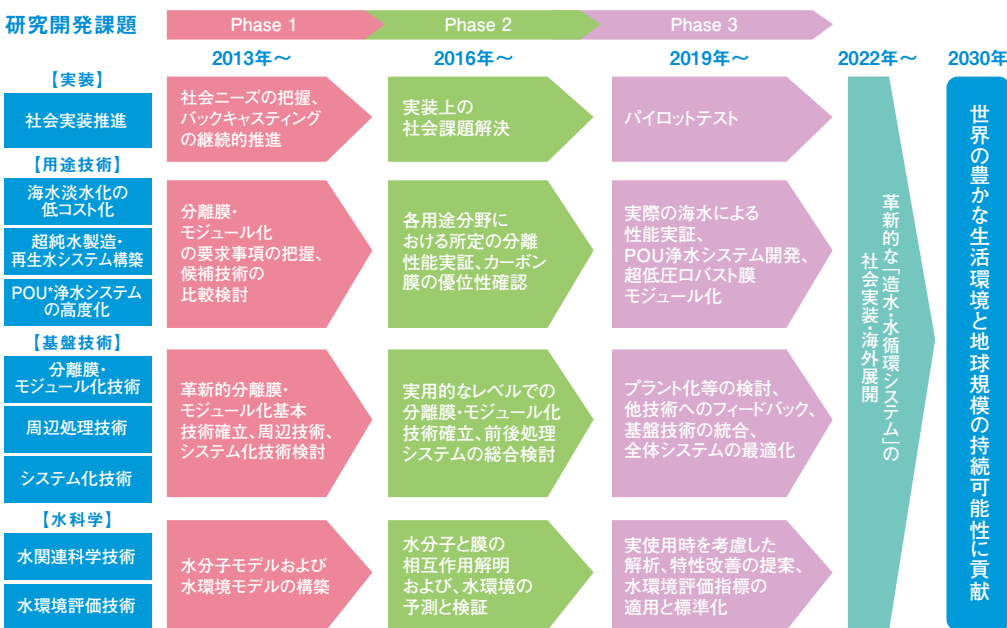
大気・海洋・陸域を連成した世界初の水大循環モデルを完成し、対象地域の水環境予測を行います。また、信州大学とアフリカなどの現地機関との共同プロジェクトにより、生活用水源に含まれるフッ素などの有害物質除去を現地で行う仕組みを確立し、水資源管理システムを構築して、水環境改善に寄与します。



社会的な価値を生むイノベーションに結びつけるため、階層ごとにテーマを設定した「総合化研究」が進行しています。

## 社会実装に向けたロードマップ

アクア・イノベーション拠点は、基礎研究から応用研究、開発研究を経て、社会実装の準備段階に至るまでの各プロセスを計9年間のプロジェクト期間中に進めることを計画しています。



\*POU:Point of Use, 使用場所設置型

地球上の誰もが十分な水を手に入れられる社会

# アンダーワンルーフで産学官連携を推進 「信州大学国際科学イノベーションセンター(AICS)」

革新的な造水・水循環システムの構築をテーマに、研究開発から社会実装までを一貫して行う「アクア・イノベーション拠点」。その中核施設となるのが、信州大学・長野(工学)キャンパスに設置された国際科学イノベーションセンターです。

センターには、信州大学をはじめとする大学・研究機関の研究者や、企業の技術者が常駐し、一つ屋根の下、ナノカーボン等の革新的材料を用いた耐久性のある水分離膜等の開発を行うほか、分離膜等のモジュール化、システム化、プラント化、ビジネス化までを模索します。

また、理化学研究所が、独立したサテライトとなるほか、海洋研究開発機構(JAMSTEC)が、サテライト拠点(COI-S)として参画しています。



## 【交通のご案内】

### ▶長野電鉄バス利用の場合

JR長野駅東口から長電バス21番のりばで、「日赤経由アークス中央行き」「日赤経由水野美術館行き」のどちらかに乗車(5分)、バス停「信大工学部」で下車。徒歩1分(約50m)で東門へ。

### ▶アルピコバス利用の場合

JR長野駅善光寺口を出てアルピコバス2番のりばで、「日赤経由大塚南行き」「松岡行き」「ビッグハット行き」のいずれかに乗車(8分)、バス停「信大工学部前」で下車。徒歩3分(約300m)で南門へ。

### ▶徒歩

JR長野駅東口から、徒歩20分で正門へ。

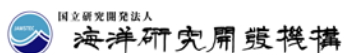
## ◆提案機関



## ◆参画機関(平成30年6月現在<順不同>)



## ◆COI-S(サテライト拠点)



## ◆COI-S参画機関



世界の豊かな生活環境と  
地球規模の持続可能性に貢献する  
アクア・イノベーション拠点



事務局

〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1 信州大学長野(工学)キャンパス内  
国際科学イノベーションセンター

Tel: 026-269-5773 Fax: 026-269-5710 E-mail: coi\_info@shinshu-u.ac.jp

HP: <http://www.shinshu-u.ac.jp/coi/>