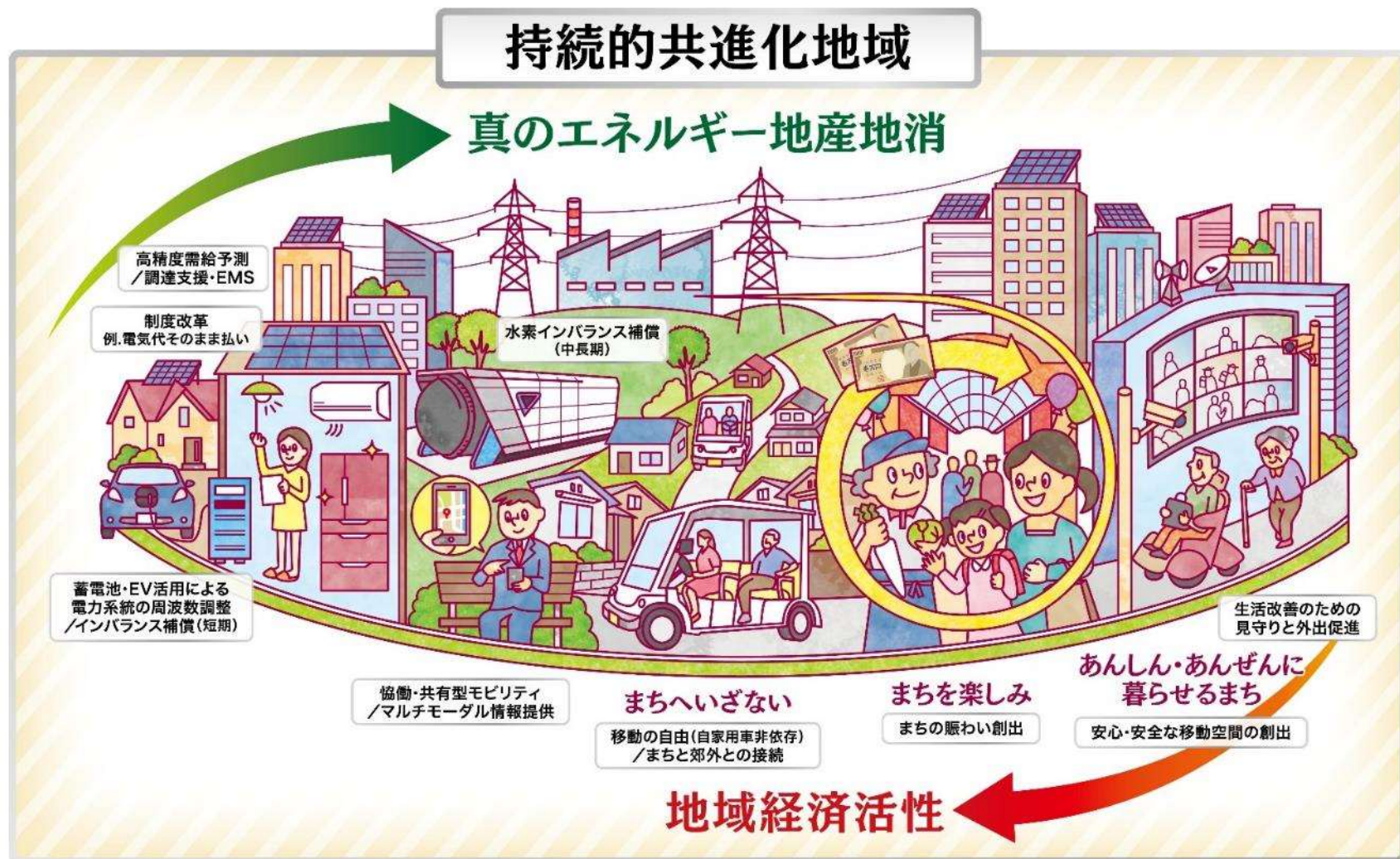


水素インフラ配置評価シミュレータの開発

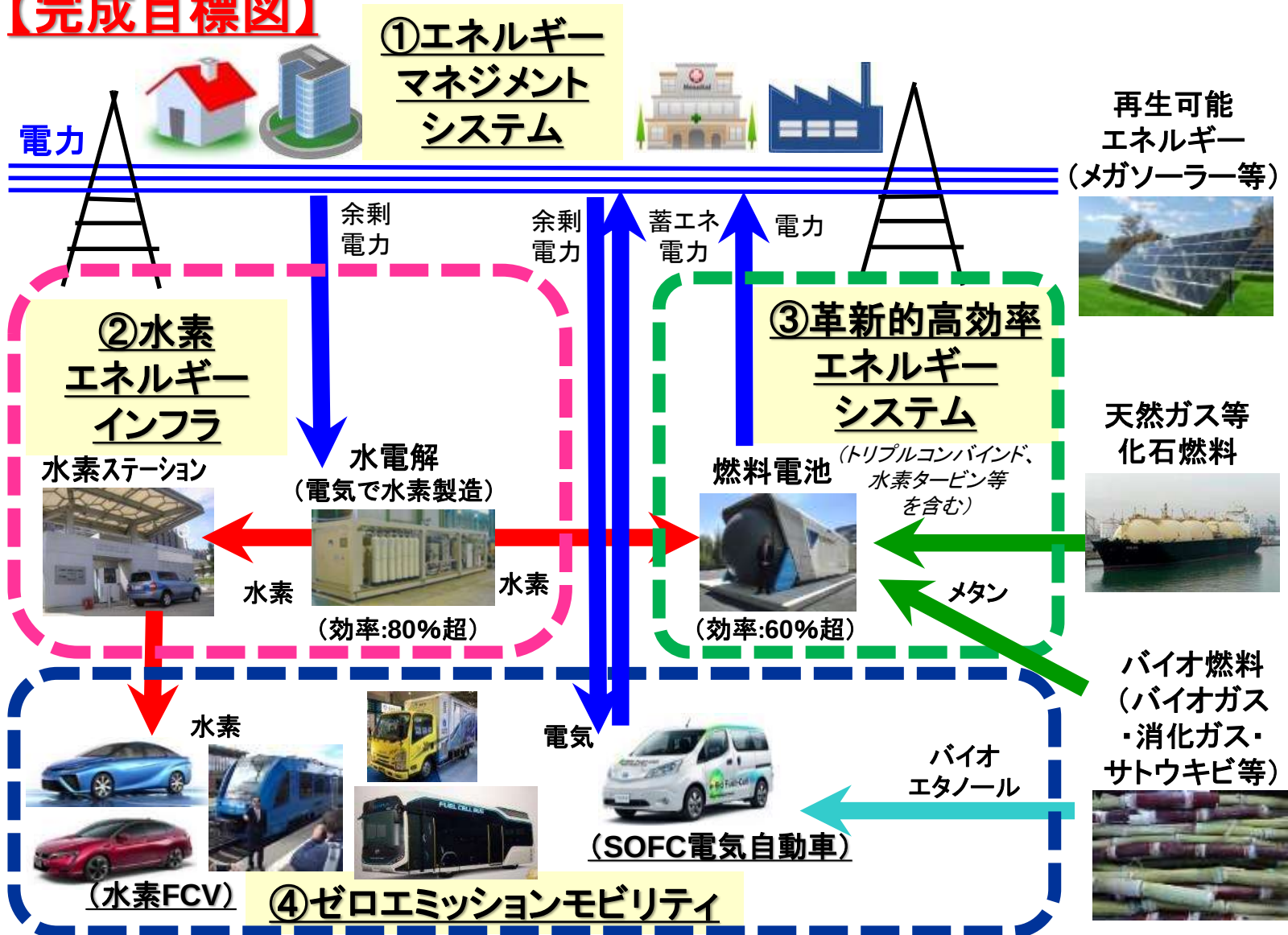
九州大学大学院工学研究院機械工学部門 助教
立川雄也

COIが推進する真のエネルギー地産地消



COIが推進する脱炭素社会

【完成目標図】



水素をなぜ用いるのか？

水素社会(水素エネルギー社会)のキーとなる要素

地球温暖化問題、CO₂を排出しないエネルギーキャリアへの転換

一方で...



Elon Musk  @elonmusk · 6月11日

Exactly, fuel cells = fool sells

🔍 水素社会

🔍 水素社会

🔍 水素社会とは

🔍 水素社会 課題

🔍 水素社会 来ない

🔍 水素社会 企業

🔍 水素社会の実現

🔍 水素社会 デメリット

🔍 水素社会 メリット



水素をなぜ用いるのか？：脱炭素化の動き

- 欧州は2050年に関する野心的なCO2排出削減目標を宣言（EU及び英国はカーボンニュートラルを目指す/義務化）。米国も、民主党バイデン候補は2035年の100%グリーン電源、2050年のカーボンニュートラルを目指すなど脱炭素化に積極的な姿勢。中国もカーボンニュートラルを目指すと表明。

EU

- ✓ 2020年3月に長期戦略を提出。「2050年までに気候中立（Climate Neutrality）達成」を目指す。
- ✓ CO2削減目標を2030年に1990年比少なくとも55%とすることを表明。本目標に関連した法案を2021年6月までに提案。
- ✓ コロナからの復興計画を盛り込んだ総額1.8兆ユーロ規模の次期中期予算枠組(MFF)及びリカバリーファンドに合意。予算総額の30%（復興基金の37%）を気候変動に充当。

英国

- ✓ 気候変動法（2019年6月改正）の中で、2050年カーボンニュートラルを規定。
- ✓ 長期戦略については、2021年提出に向けて準備中。

中国

- ✓ 2020年9月の国連総会一般討論のビデオ演説で、習近平は2060年カーボンニュートラルを目指すと表明。
- ✓ EVやFCV等の脱炭素技術の産業育成に注力、2020年の新エネルギー車の補助金予算は4,500億程度。

米国

- ✓ 2019年11月トランプ大統領はパリ協定脱退を決定。（本年11月に効力が発生）
- ✓ 一方、民主党は気候変動の課題を最重要政策の一つに位置づけ。バイデン候補は、2035年の電力脱炭素の達成、2050年以前のネット排出ゼロや、クリーンエネルギー等のインフラ投資に、4年間で2兆ドル投資する計画を発表。

水素をなぜ用いるのか？

水素のイメージ

- 1) 2050年カーボンニュートラルに向けて、自動車などに留まらず、電化による脱炭素化が困難な産業分野における水素の大規模需要を創出。
- 2) また、再エネ等の多様な地域資源から水素を製造し、脱炭素な自立分散型エネルギーシステムを構築する地域を拡大。
- 3) また、国際サプライチェーン構築の動きを加速化等、国内外での水素供給網を整備することで、一層の供給コストの低減も目指す。

水素	対応の方向性の例
①目標年限を明確化した、野心的な目標	● 水素コスト 2030年：30円/Nm ³ 、2050年 20円/Nm ³ ● 水素調達量 2030年:30万トン/年、2050年:500~1000万トン/年
②規制改革・標準化などの制度整備	● 水素ステーションのコスト低減に資する規制改革を実施
③企業のコミットメント	● 水素利用促進のため、水素バリューチェーン推進協議会設立に向けた動き
④企業へのインセンティブ	● 燃料電池車、水素ステーション等に対する導入補助金

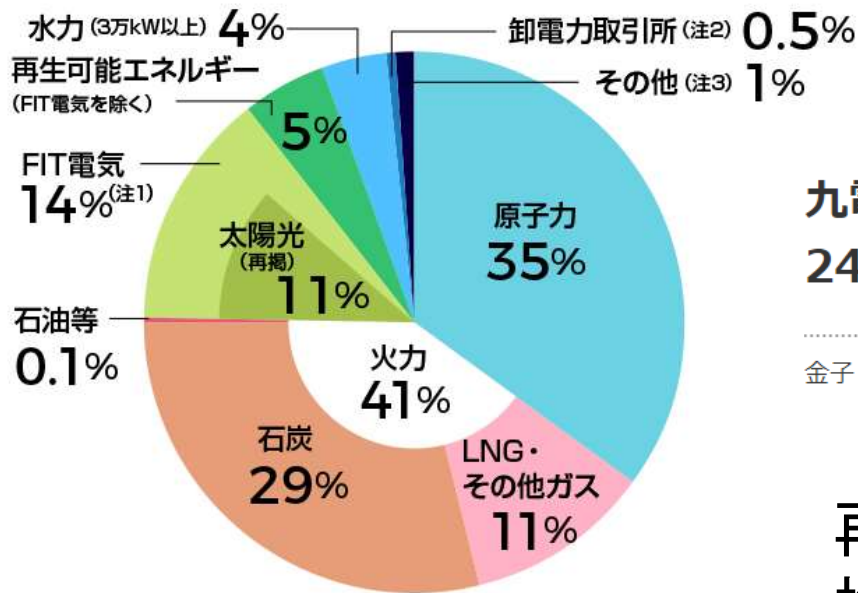
METI HP

再生可能エネルギー（電気）をそのまま使うのがもっとも効率がいい
しかし、それだけでは脱炭素化が実現できない



水素をなぜ(九州で)研究するのか？

九州がエネルギー問題において将来の日本の抱える課題を先取りしているから



九電の再エネ・出力制御、前年度は74回、1案件最大24回

金子 憲治 = 日経BP総合研究所 クリーンテックラボ

2020/07/21 21:5

再エネ増加によって、現在九州で抱える課題が、本州でも将来発生する

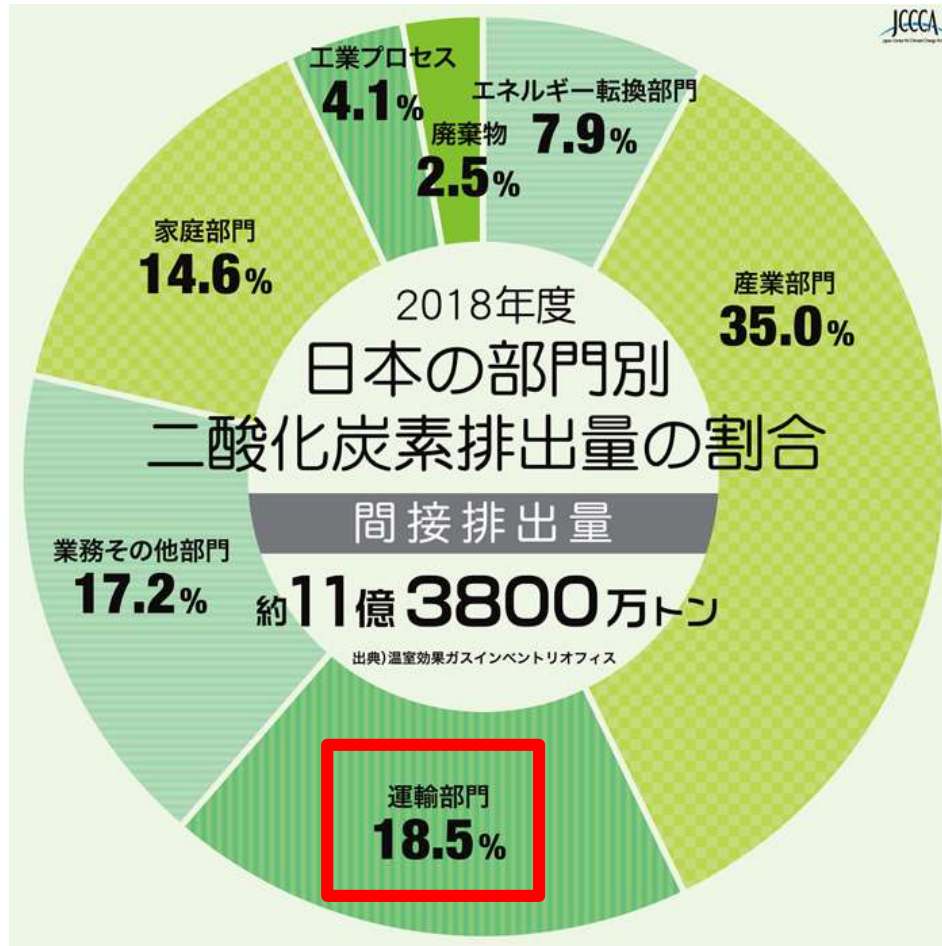
→再エネと水素の取組みを九州で先に実施することで、課題の検討や研究・技術開発を進める

CO₂排出係数（調整後排出係数）
0.371kg-CO₂/kWh

※0.441kg-CO₂/kWh(関東地域)

九電・東電HPより

水素インフラがなぜ重要か？



国内の脱炭素化を
考える上で、先進技術の
段階的な社会実装が必要

→社会インフラの更新には
多くの時間と費用を要する

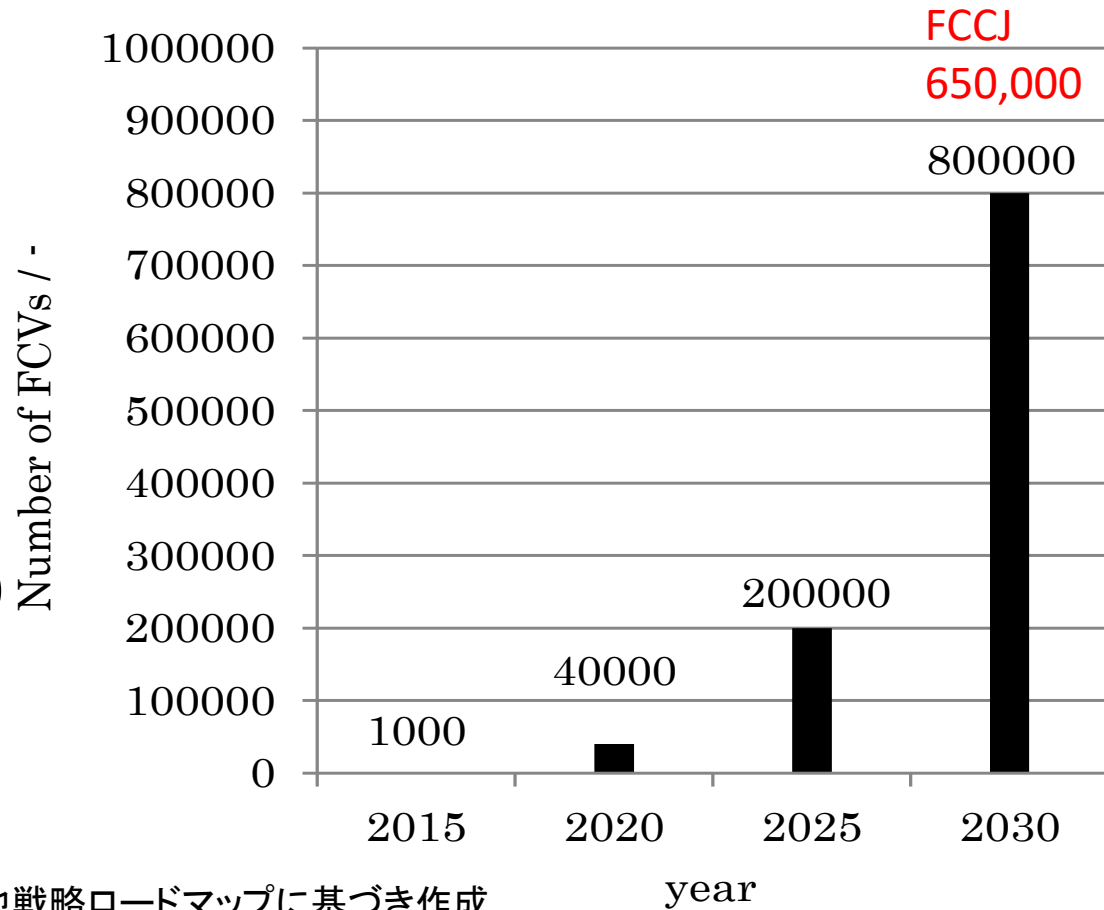
水素インフラの中でも
水素ステーションは
再生可能エネルギーを
水素に変換して車に供給
するエネルギーハブインフラ

水素ステーションを取り巻く状況

- ・HV車と同等の水素価格
- ・FCVの普及と
水素STの自立的拡大

→ 赤文字

FCCJ(燃料電池実用化推進協議会)
の普及に向けたシナリオ



水素・燃料電池戦略ロードマップに基づき作成

Year	2015	2020	2025	2030
Number of the H ₂ refueling station	100	160	320	900 FCCJ:720



水素ステーションを取り巻く状況

2020年度水素ステーション 追加4基 新設決定

2020.11.25 整備計画

日本水素ステーションネットワーク合同会社（以下、「JHyM」）は、国の2020年度燃料電池自動車用水素供給設備設置補助事業・水素ステーション整備事業補助金に水素ステーション事業者とともに追加募集分として4件の共同申請を行い、このたび採択を受けました（表）。これによりJHyMによる水素ステーション整備基数は合計59基となり、過去に採択されたものを加えますと、全国で148基、**162箇所***になります**。

そして、この162という箇所数をもちまして、国の『水素・燃料電池戦略ロードマップ』にて設定された「**2020年度までに160箇所程度**」という水素ステーションの整備目標を達成しました。JHyMは引き続き水素ステーションの整備に邁進してまいります。

*移動式水素ステーションによる複数箇所運用をカウントした場合

**本日時点で稼働している水素ステーションは121基、135箇所

FCV普及の状況

新型MIRAI (TOYOTAのFCVの2代目)

・燃料電池自動車の生産体制を年**3万台**に増強

→**2025年200,000台目標達成目安**

※2019年国内新車販売台数 約520万台

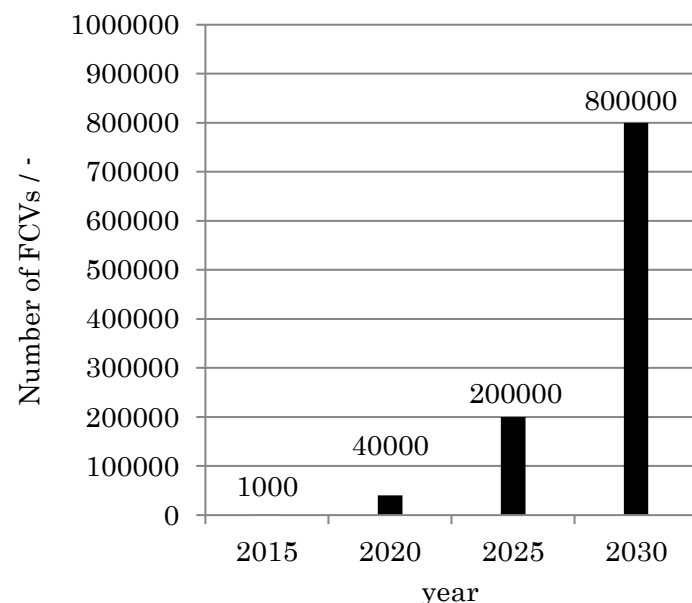
※国内の自動車台数 約8,000万台

海外に目を向けると現代自動車の

「NEXO」が普及していたり、

トラックやバスに注目されていたりする

→**モビリティのバリエーションが増加**



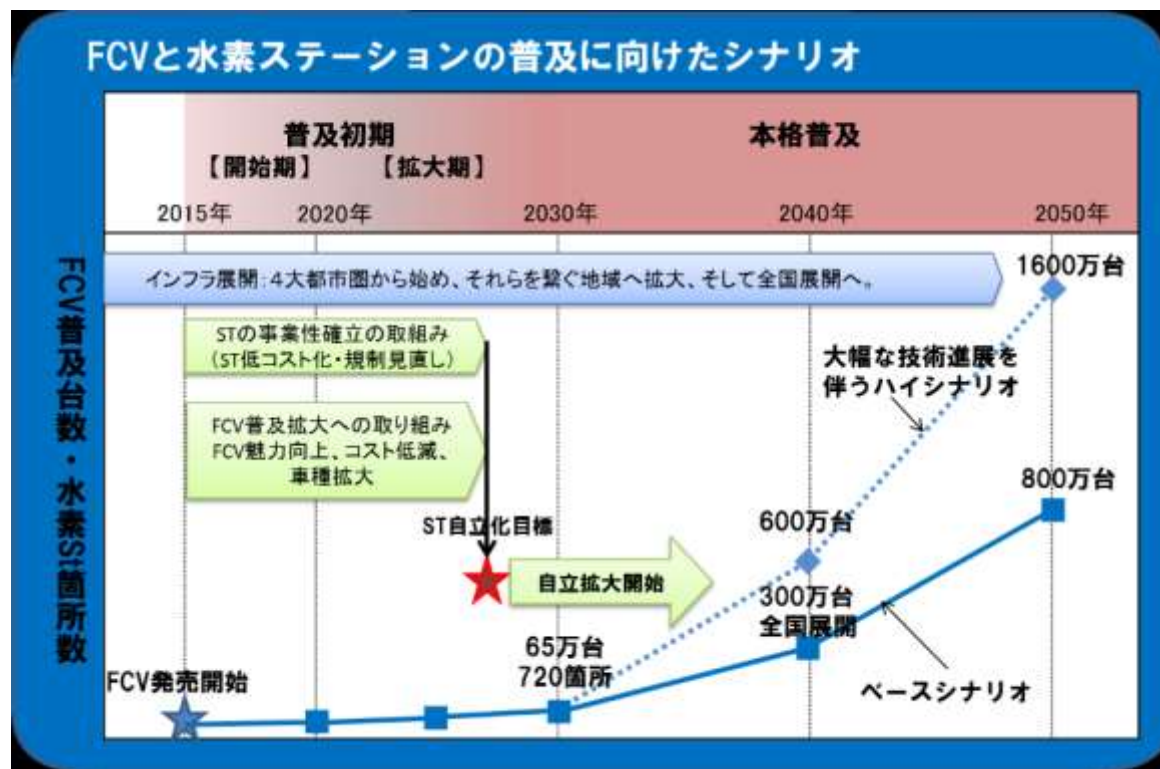
Year	2015	2020	2025	2030
Number of the H ₂ refueling station	100	160	320	900



水素ステーションの設置拡大

FCV普及数は今後も拡大傾向

水素ステーション設置は今後も推進されるが
設置：運営コスト、そして稼働率などが懸念



水素社会に向けた需要の算定

今後の水素社会に向けて**水素の需要と供給**の把握が重要で、その中でもFCVの水素需要は最も早期に求められる

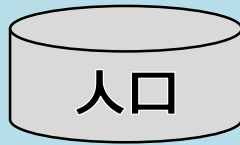
水素の需要/供給算定を行うことで水素STの配置の需給に与える影響をシミュレートする



自動配置手法の概要

2014年度から構造計画研究所と共同でシミュレータを開発

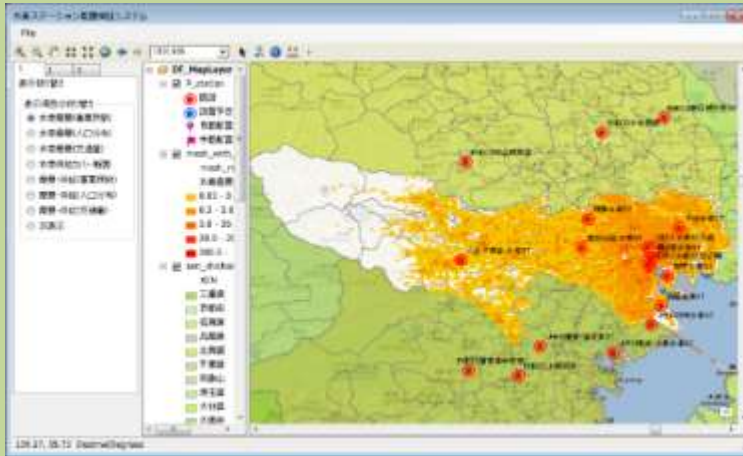
GISデータ



検討シナリオ

- ✓ FCVの普及シナリオ
- ✓ 水素ステーションの普及

シミュレータ



計算ロジック

- ✓ 需要モデル
- ✓ 供給モデル
- ✓ ステーション配置モデル

- 需要/供給評価
- 配置検討 等



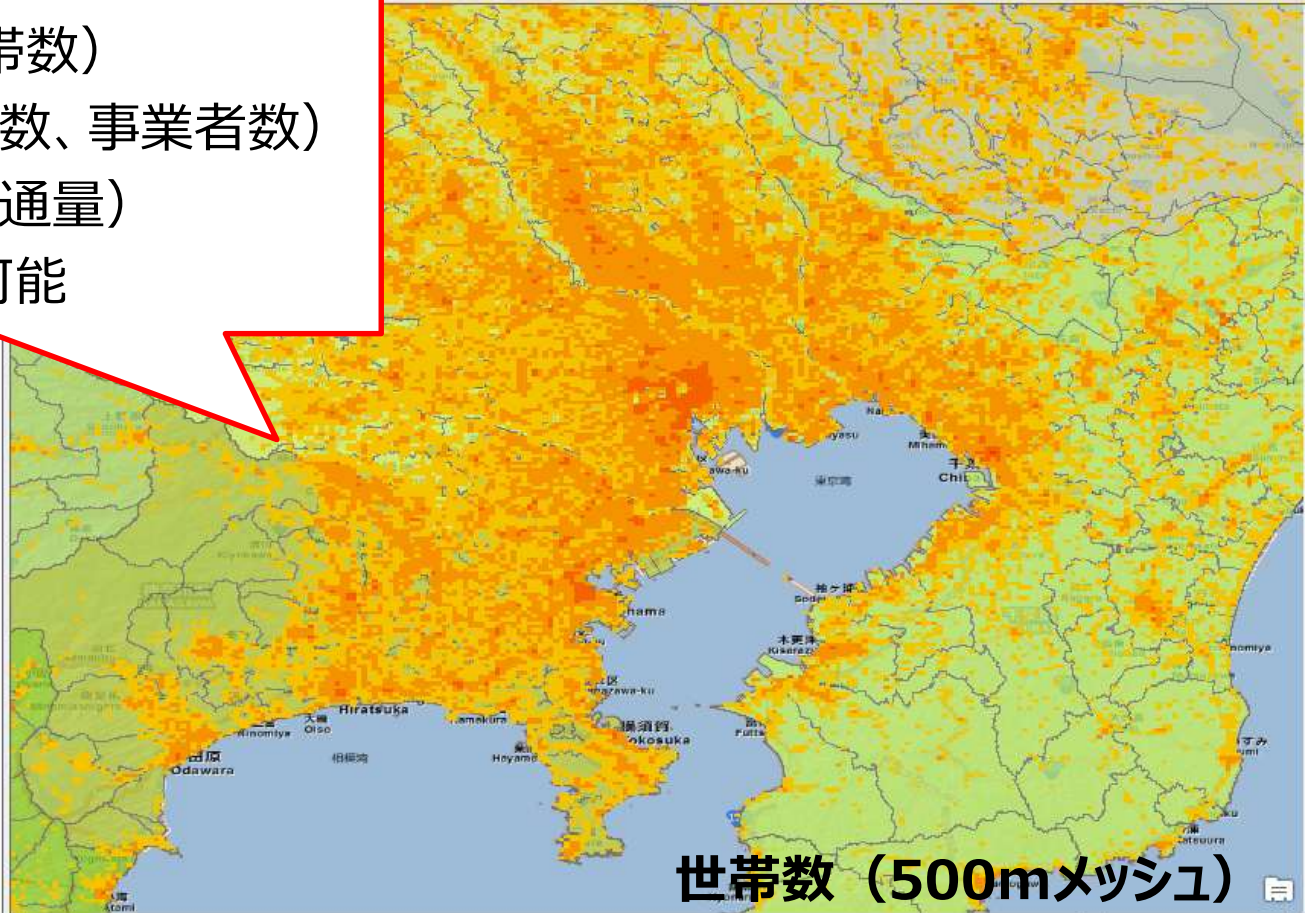
自動配置手法の概要

水素ステーション配置検証システム

500mメッシュ統計量（総務省統計局）

- ・ 国勢調査（人口、世帯数）
- ・ 経済センサス（事業所数、事業者数）
- ・ 道路交通センサス（交通量）
- ・ その他のデータも利用可能

☐ 非表示

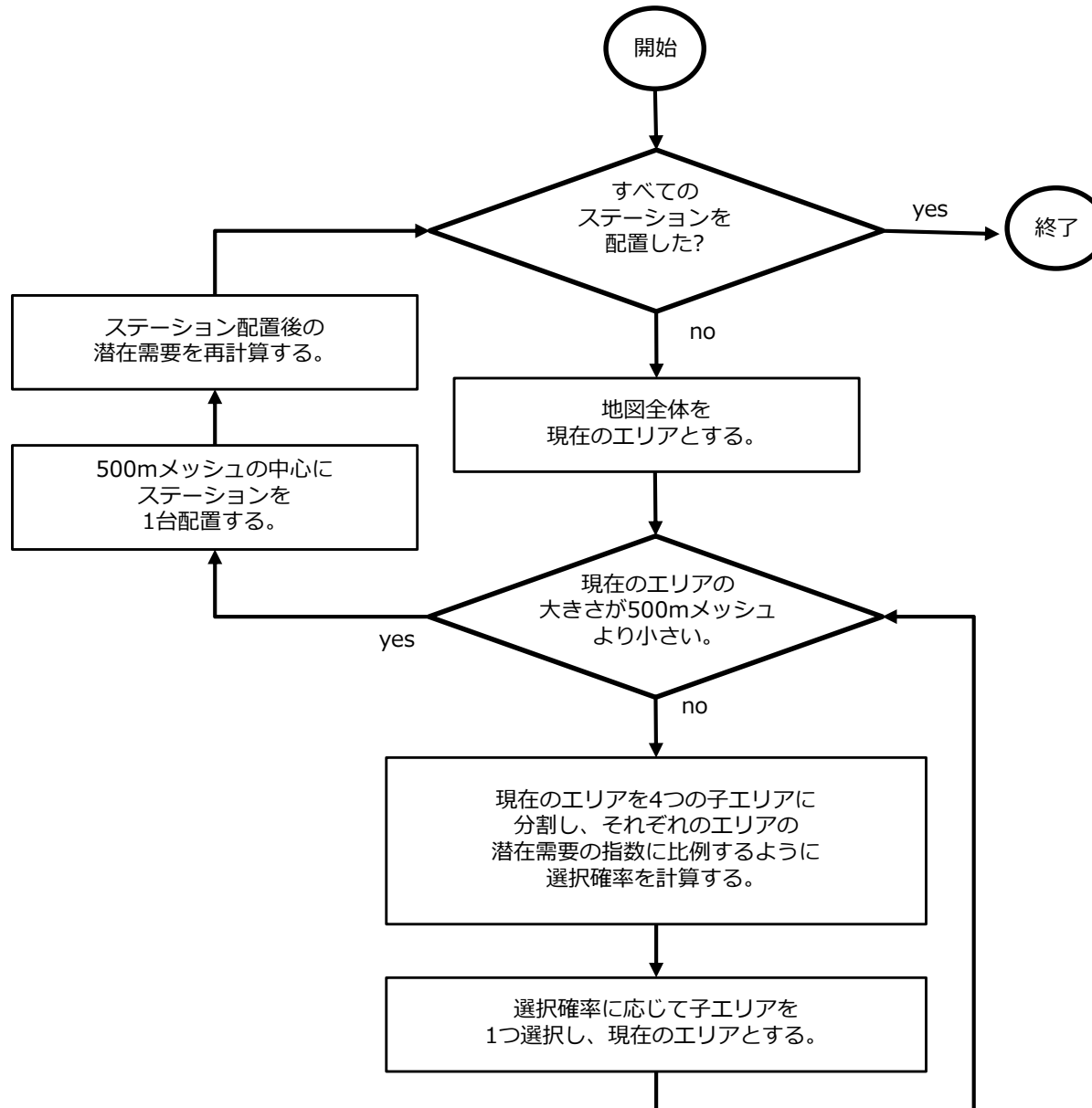


世帯数 (500mメッシュ)

139.45, 36.06 DecimalDegrees



配置ロジックのフローチャート



四分木法：配置エリアの選択

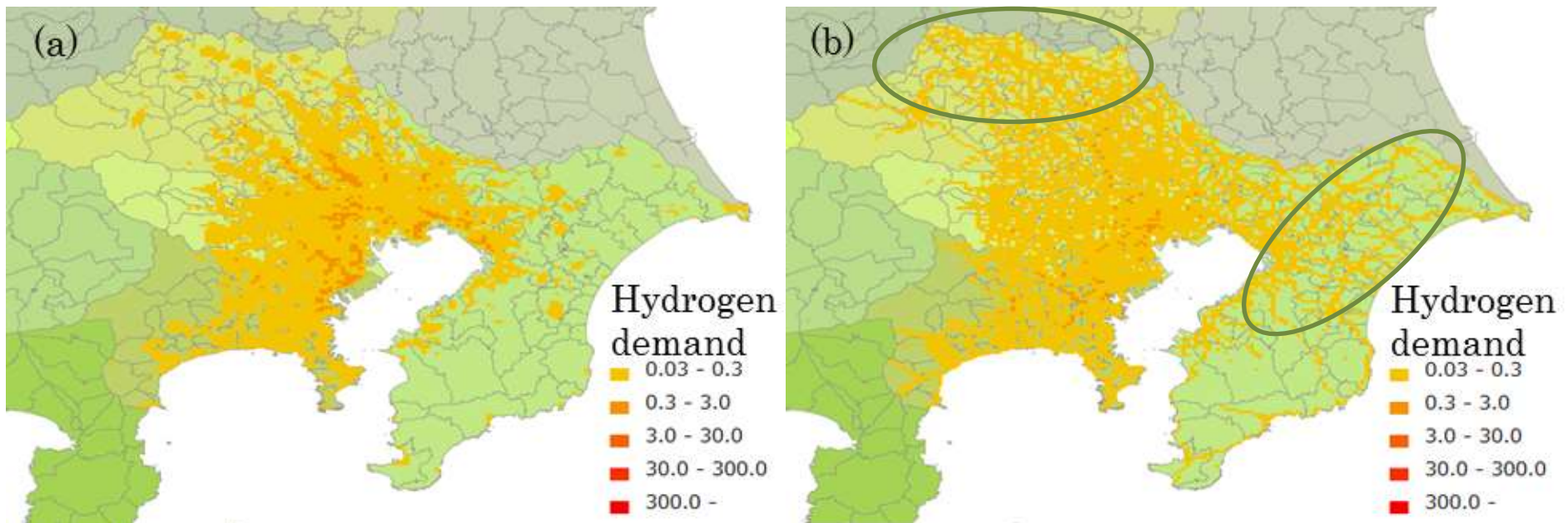
- ①現在のエリアを縦横に4つのエリアに分割し、それぞれの需要を求める。
- ②需要の合計が100となるように子エリアの需要を正規化(正規化後の需要を d_i' とする)
- ③各子エリアの選択確率用の値 e_i を以下で求める。
 - $e_i = e^{(d_i' / v)}$
 - e は自然対数の底を表す。
 - v はユーザ指定の分散パラメータで1~100の値をとる。大きいほどランダム性が増す。
- ④各 e_i に応じた確率に従い、子エリアを1つ選択する



自動配置手法の概要

FCVの水素需要分布(南関東地区:東京,千葉,埼玉,神奈川)

・統計情報×FCV普及率＝水素需要



(a) 人口ベース、(b)交通量ベース

$$\frac{\text{国内のFCV台数}}{\text{国内の総車両台数}} \times \frac{1 \text{メッシュあたり比}}{\text{国内の車両普及量}} = \text{FCV台数/1メッシュ}$$

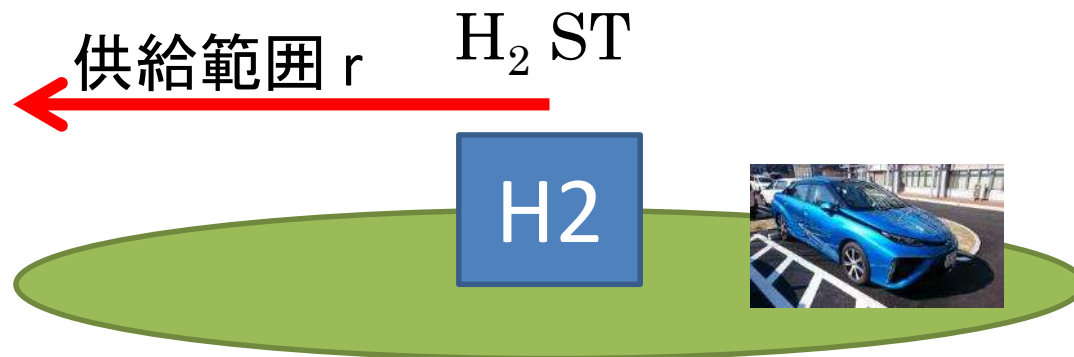
自動配置手法の概要

- FCV普及数の推定

$$\frac{\text{国内のFCV台数}}{\text{国内の総車両台数}} \times \frac{\text{1メッシュあたり比}}{\text{/国内の車両普及量}} = \text{FCV台数/1メッシュ}$$

- 水素ステーションによる需要/供給の関係

$$\text{実水素需要} = \text{範囲内の需要} - \text{ステーションの供給能力}$$



供給範囲 r の検討

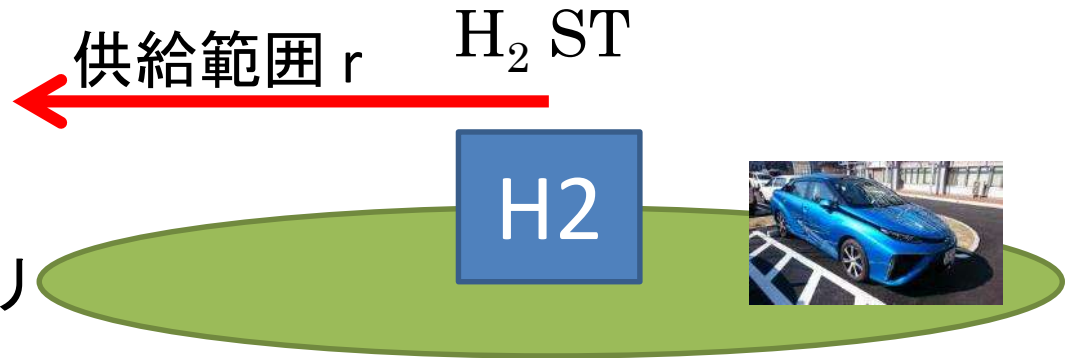
自動配置手法の概要

・ 水素ステーションによる需要/供給の関係

・ 供給範囲 r の検討

供給範囲...

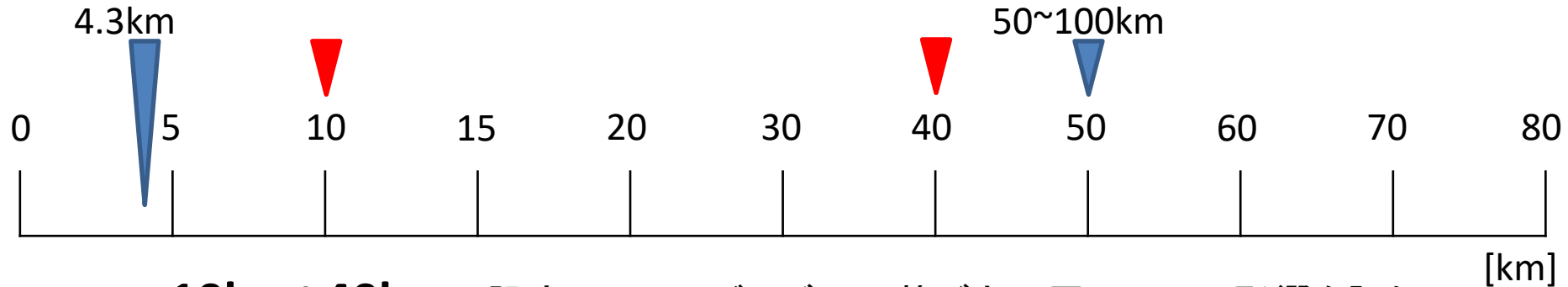
FCVを水素ステーションで
水素充填するのに向かうキヨリ



自動配置を検討する上で供給範囲の設定が重要

GS(ガススタンド)に向かう
キヨリの意識調査

給油ランプがついてから
走行可能なキヨリ



10kmと40kmに設定してアルゴリズムに基づき配置してその影響を評価



自動配置手法の概要

- 既存水素ステーションの位置情報

FCVミライのステーション位置情報を利用

実証STなどは今回除外

(HySUT, JHFC, SHS, 下水処理場併設型等)

位置情報が確認できない場合は行政区の庁舎位置に設定

水素STの設置数

Year	2015	2020	2025	2030
Number of the H ₂ refueling station	100	160	320	900



自動配置手法の概要

3種類のデータベースをもとに水素需要を予測

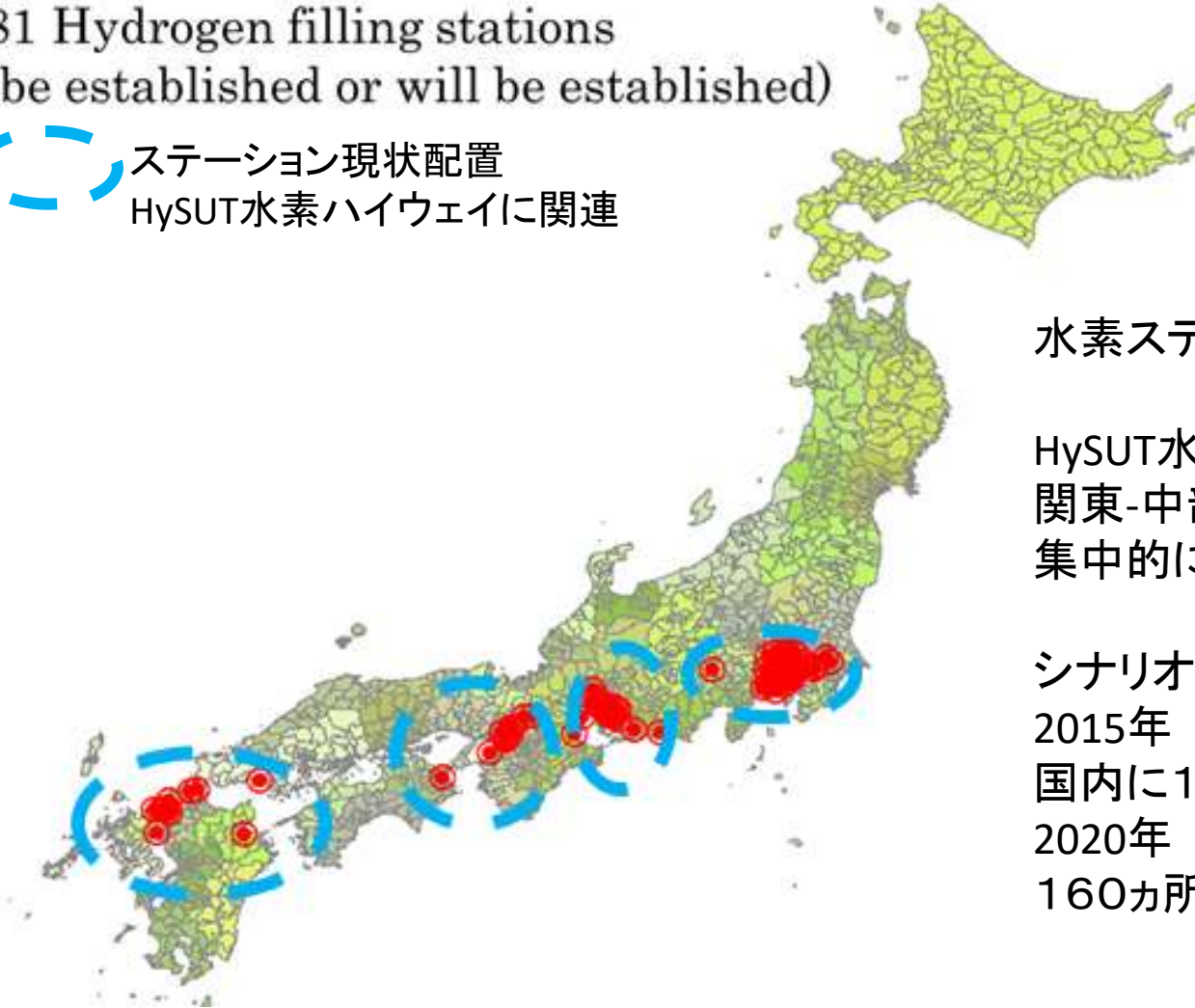
- 事業所数ベース
 - FCV普及の初期段階は、社用車を中心に普及が進むと考えられる
- 人口ベース
 - ある程度FCVが普及し、水素ステーションの整備が進んだ後は、一般消費者の購入が始まると考えられる
- 交通量ベース
 - 利便性や経済性を考えると、交通量の多い場所に水素ステーションを建設することが望ましい



日本国内の自動配置検討

81 Hydrogen filling stations
(be established or will be established)

ステーション現状配置
HySUT水素ハイウェイに関連



水素ステーション配置(2016)

HySUT水素ハイウェイの配置を基に
関東-中部-関西-北部九州などに
集中的に設置

シナリオ

2015年

国内に100カ所の水素STを整備

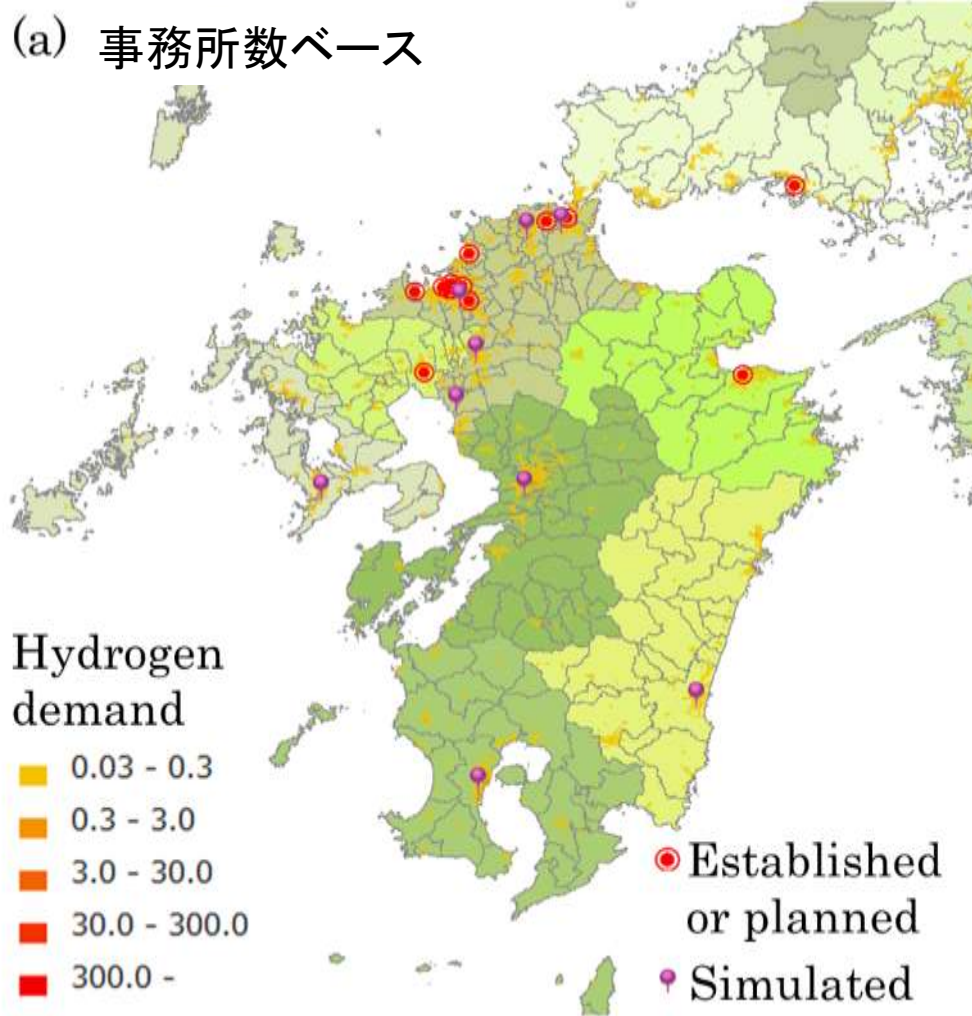
2020年

160カ所の水素ST(達成)

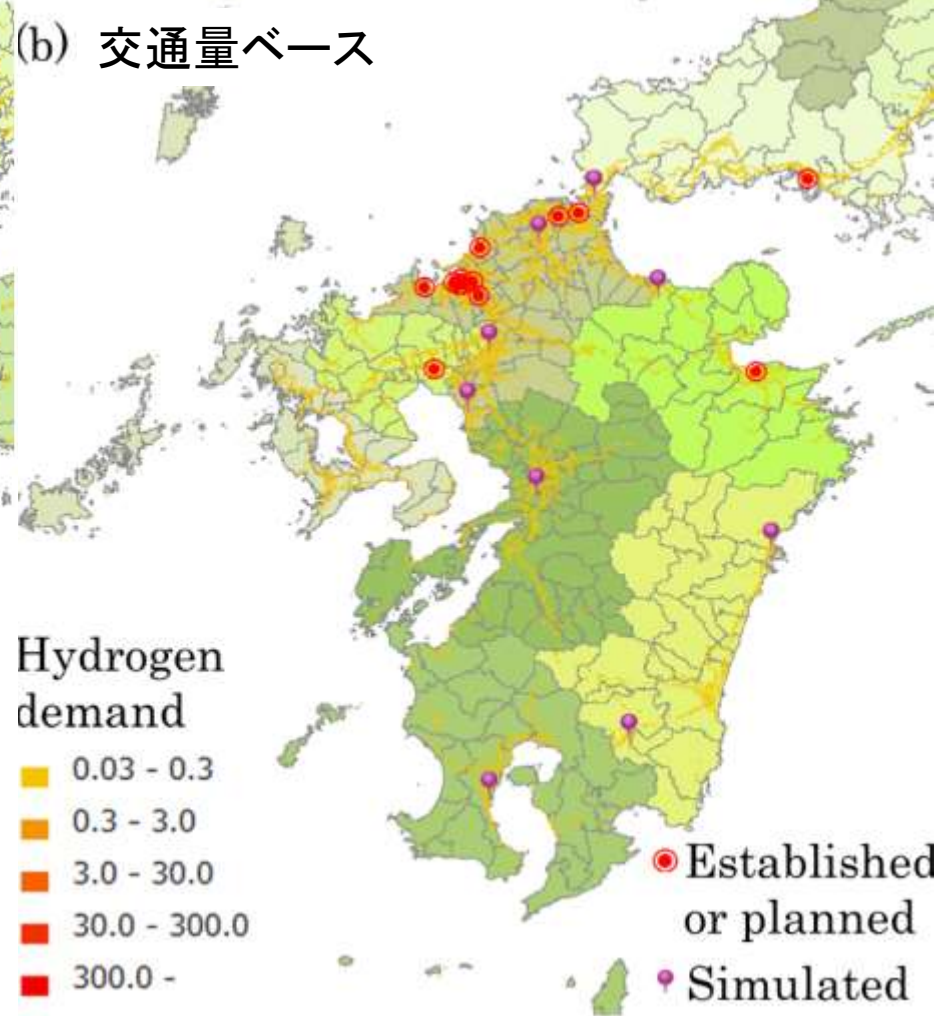
九州・山口経済圏

九州山口の自動配置検討

(a) 事務所数ベース



(b) 交通量ベース

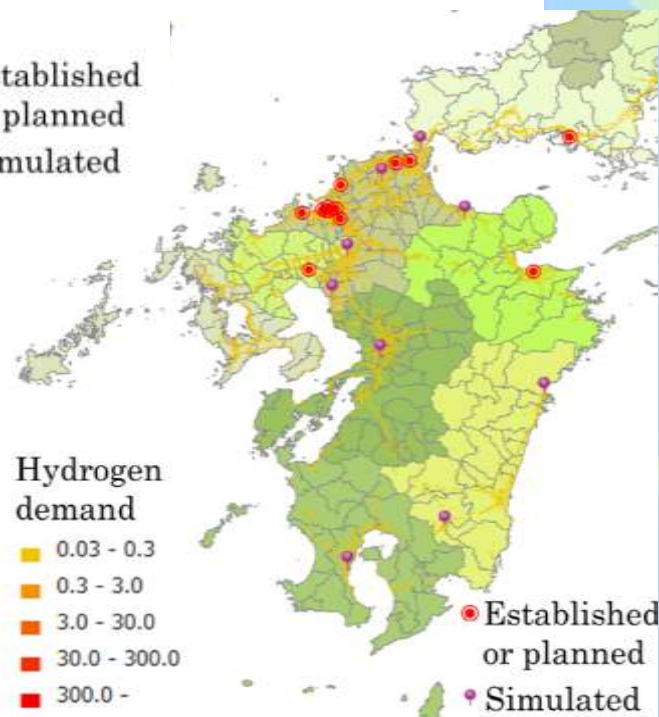
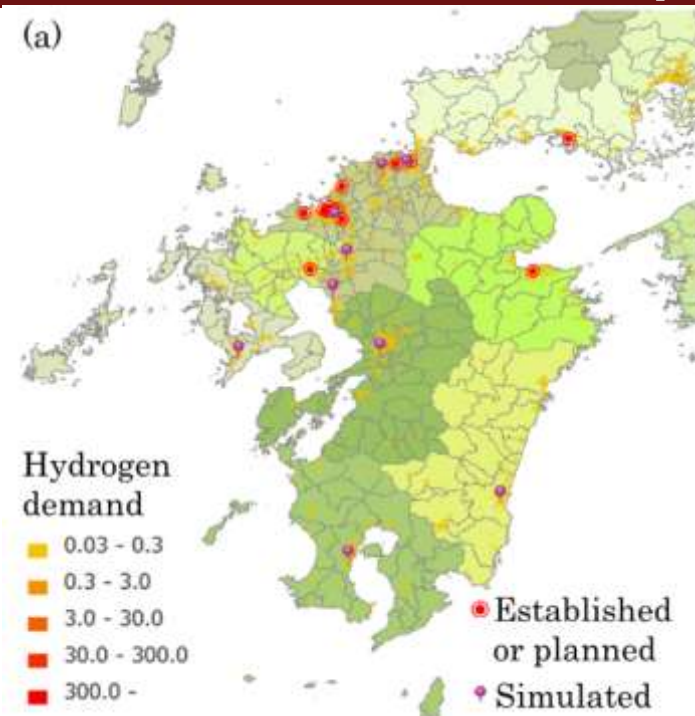


事務所数ベース: 北部九州地区や**県庁所在地**に設置

交通量ベース: 似た傾向だが、下関や延岡など、**交通的要衝**付近にも設置

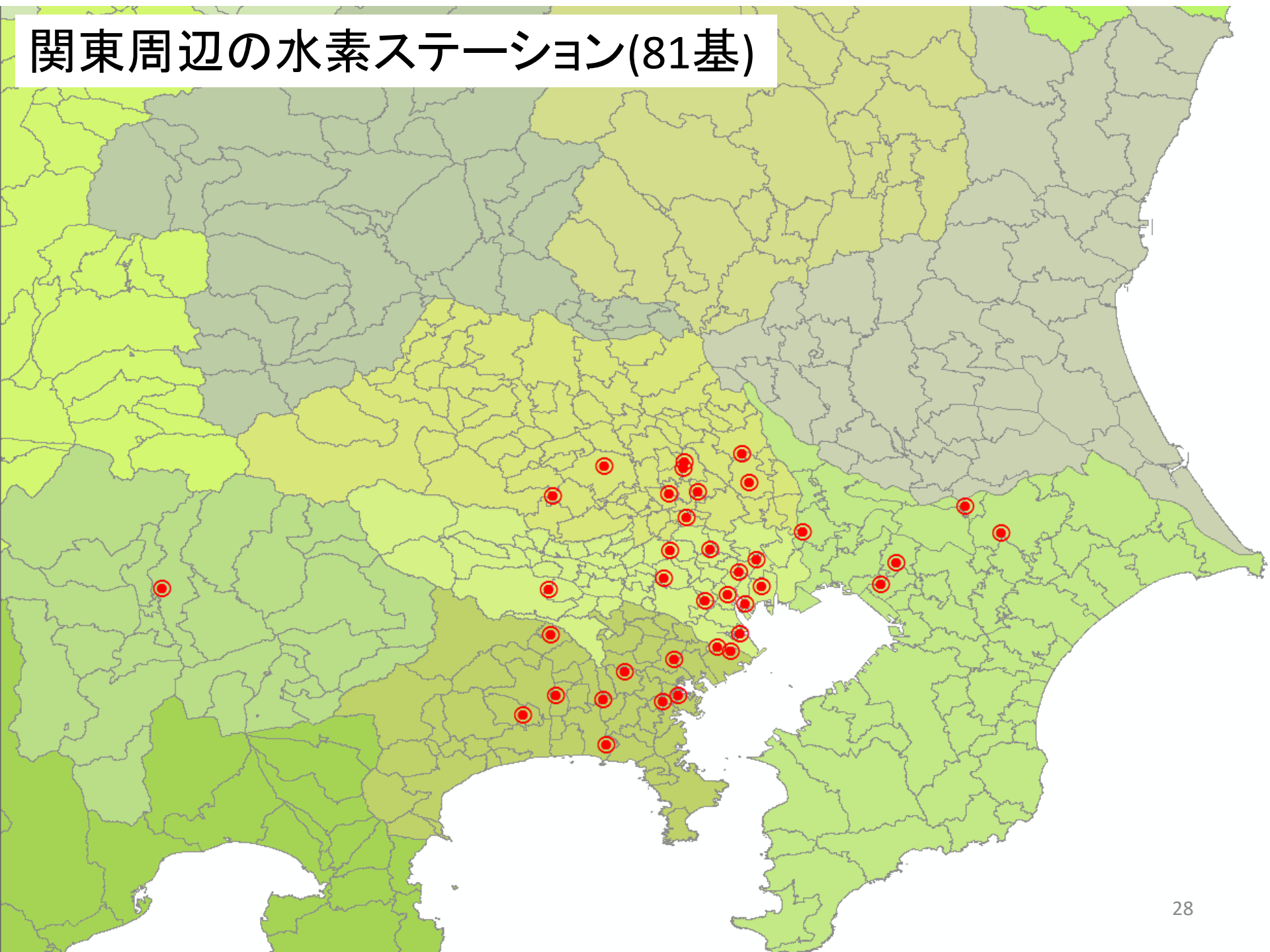


2020年時点の結果と比較

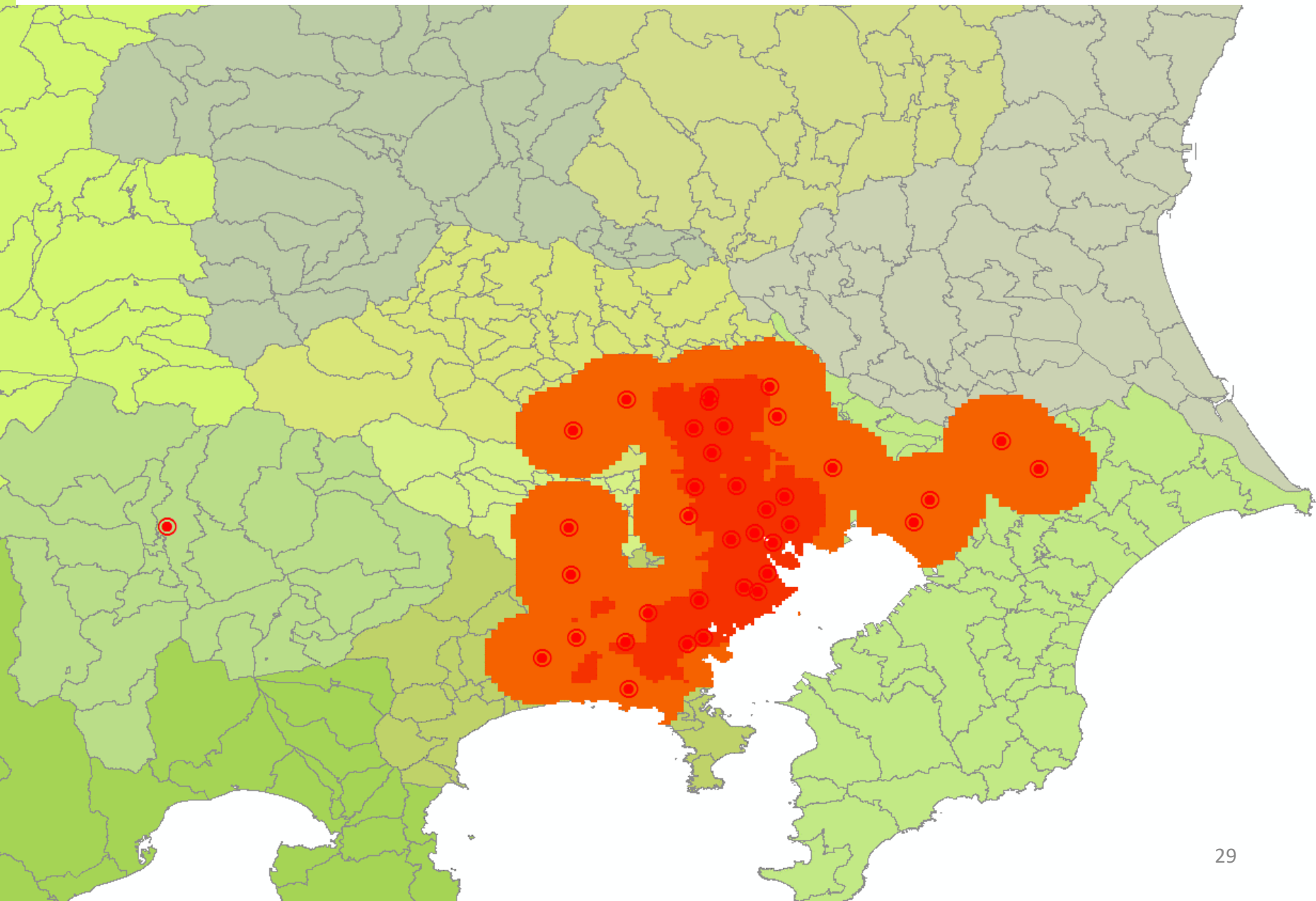


関東近辺

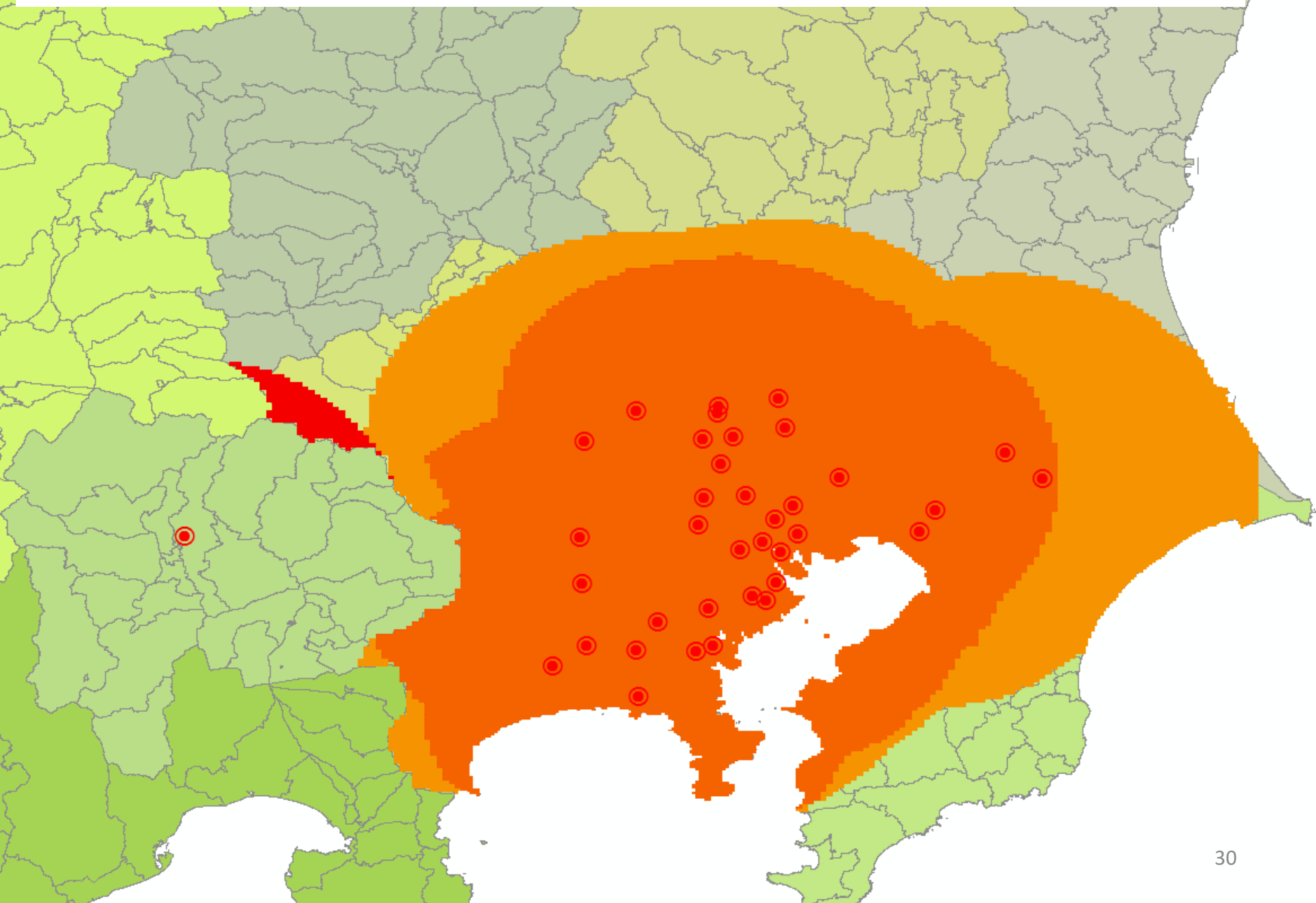
関東周辺の水素ステーション(81基)

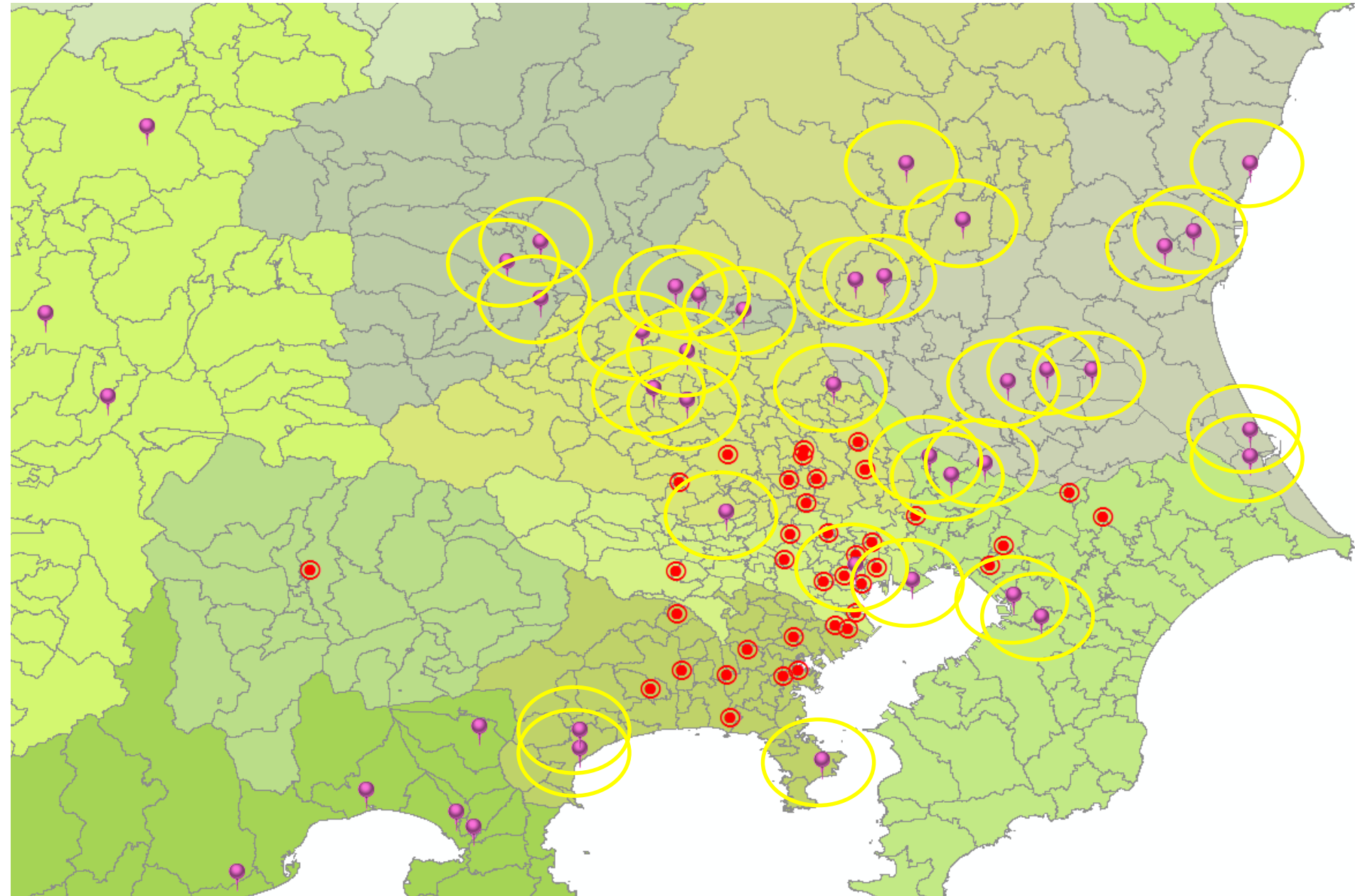


関東周辺の水素ステーション(81基)+水素供給範囲10km

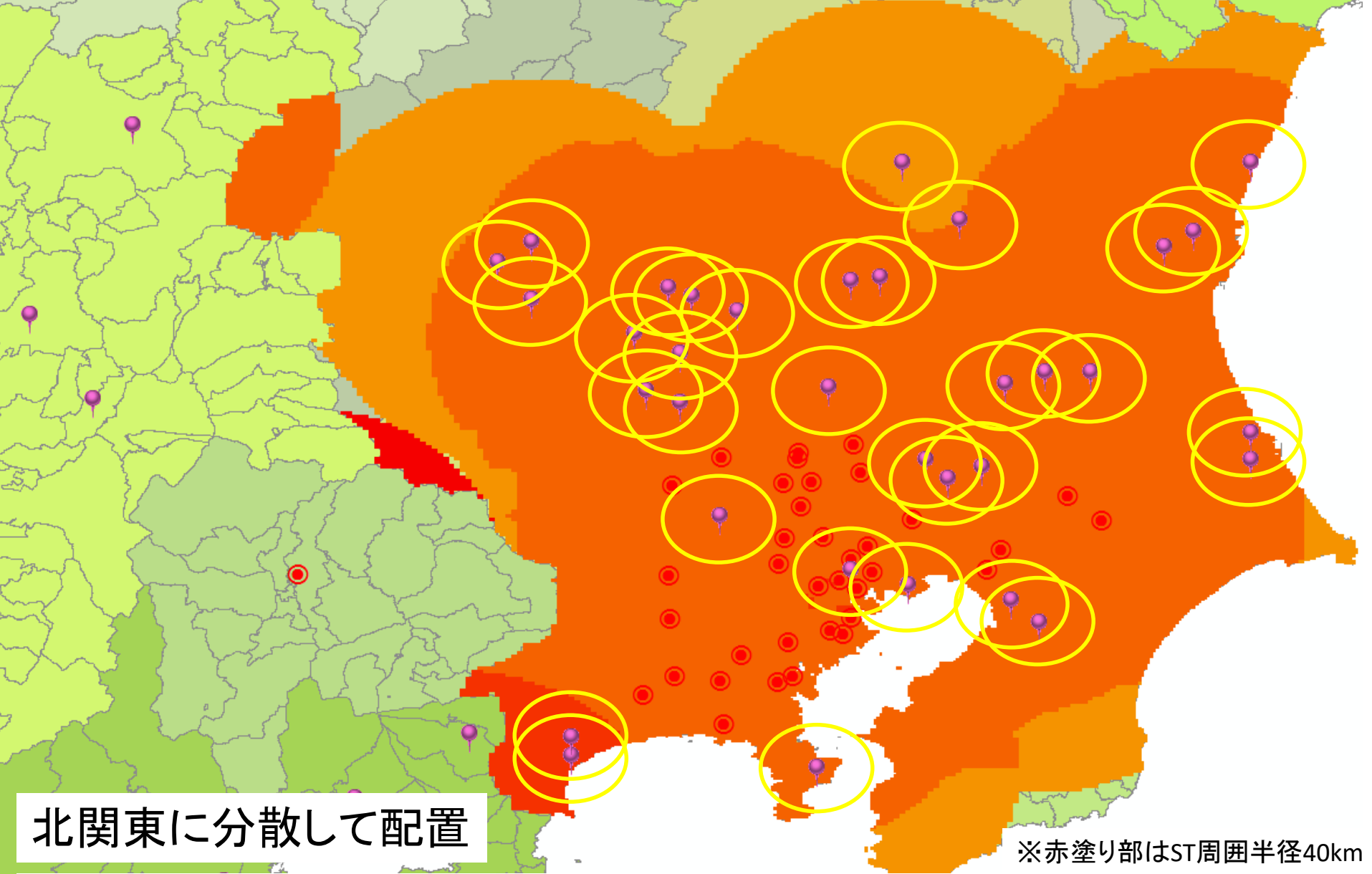


関東周辺の水素ステーション(81基)+水素供給範囲40km





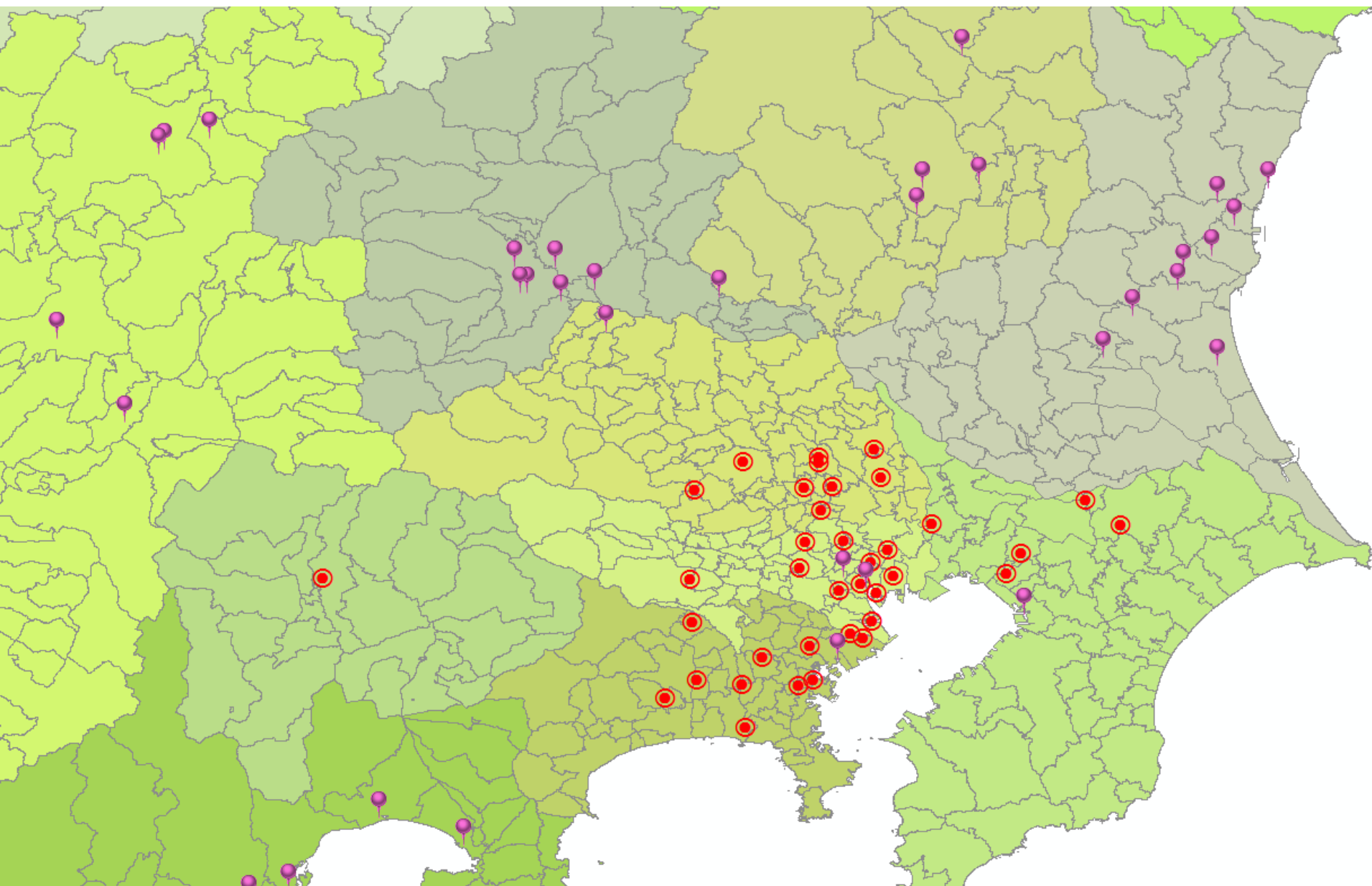
関東周辺の水素ステーション(81基)+79基の自動配置(従)
+水素供給範囲10km(黄色○) 関東圏(34基追加配置)



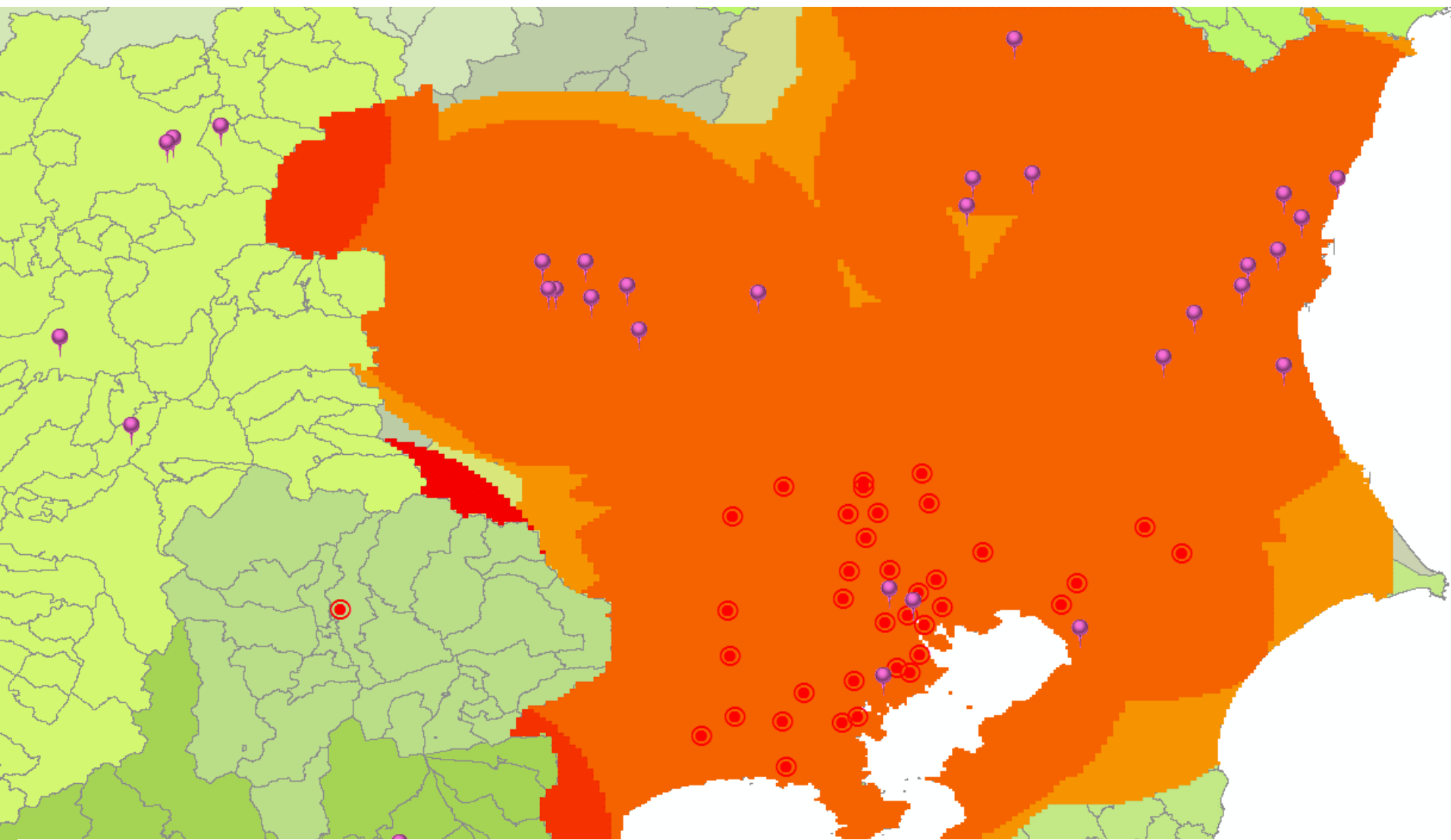
北関東に分散して配置

※赤塗り部はST周囲半径40km

関東周辺の水素ステーション(81基)+79基の自動配置(従)
+水素供給範囲10km(黄色○) 関東圏(34基追加配置)



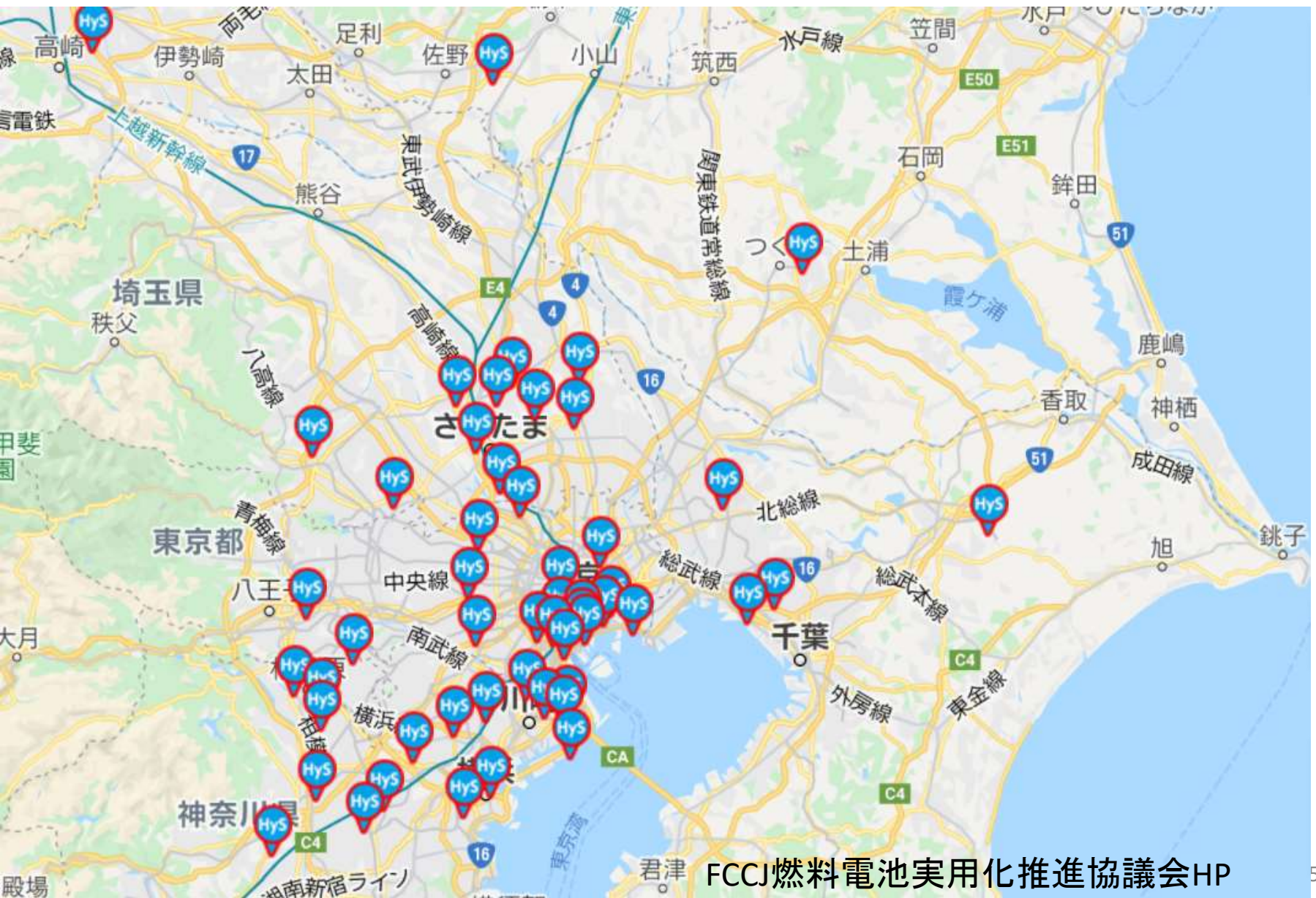
関東周辺の水素ステーション(81基)+79基の自動配置(従)
+水素供給範囲40km 関東圏(25基追加配置)



北関東の事業所の多い都市に集中して配置+配置基数も減少

関東周辺の水素ステーション(81基)+79基の自動配置(従)
+水素供給範囲40km 関東圏(25基追加配置)

2020年時点の結果と比較



メガソーラー配置を考慮した配置検討

地域の太陽光発電による再エネ発電の余剰を回収し、地域で消費する
再エネ地産地消化の検討を水素STシミュレータを用いて開始

● メガソーラー (5MW超)

- ・国内 約1,000地点
- ・公開情報に基づき作成

シミュレータ上で利用できる基本情報

- ・位置情報(緯度経度)・発電出力(kW)

・半径X kmの範囲にある再エネ発電
出力総量の計算や、効率の良い
再エネ回収地点の算出に利用可能

再エネの地産地消を踏まえた
再エネ回収好適地をST配置の
アルゴリズムを活用して検討可能

「水素社会シミュレータとしての活用」

- ・水素ステーションで、地域の再エネを
水素へ変換することで、モビリティ由来
のCO₂排出をゼロに。

・余剰再エネ回収を想定した場合の、
経済性評価についても今後検討

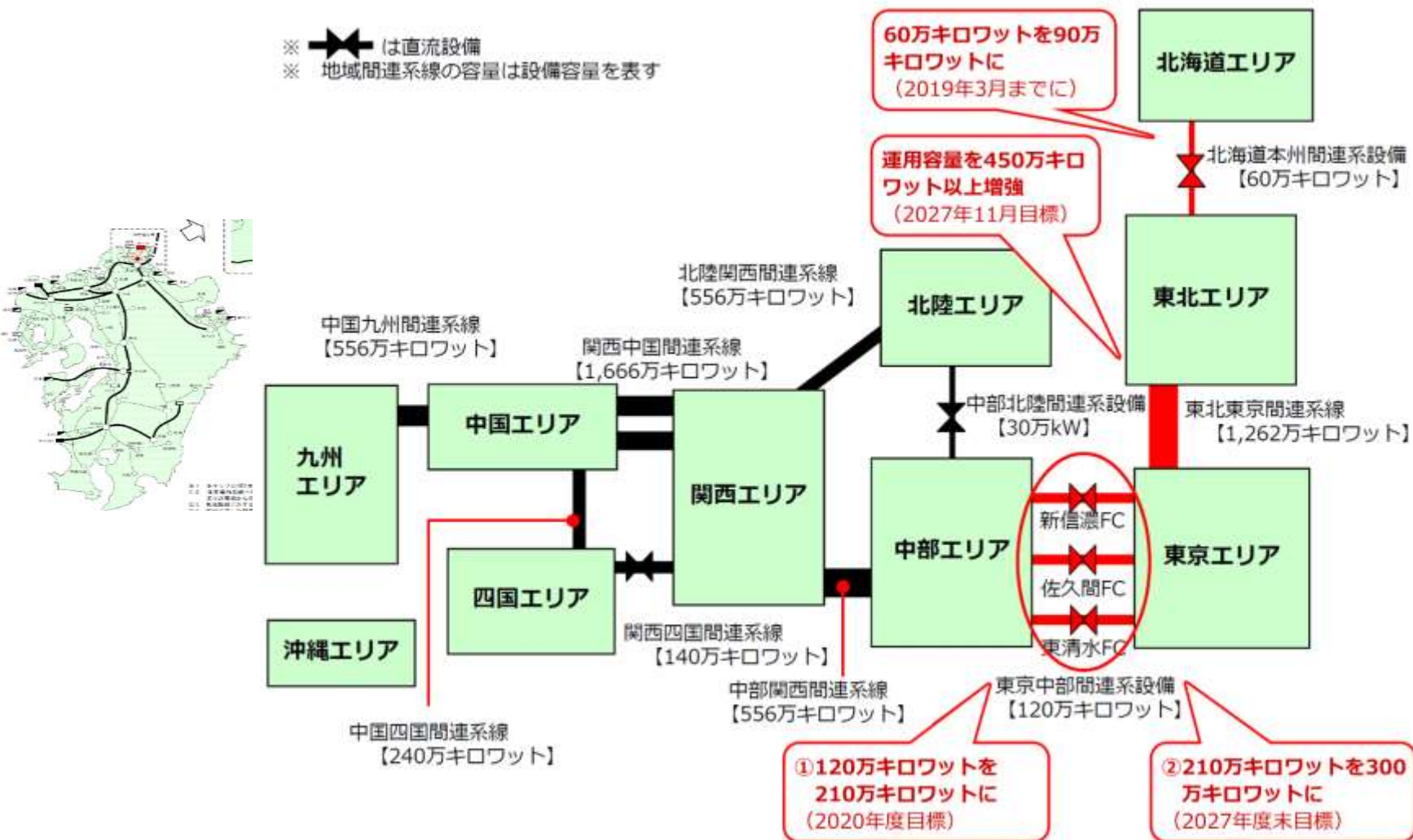
「その他の活用」

- ・再エネ回収蓄電池の検討など水素に
こだわらない他用途への利用拡大も可
能



メガソーラー配置を考慮した配置検討

地域間連系を考慮した国内再エネ融通とエネルギー地産地消



まとめ

- なぜ水素か、なぜ九州か、
なぜ水素インフラか
- 水素インフラ評価シミュレータを用いて
水素STの配置検討。
- 再エネと水素インフラの連携。

