

令和7年3月3日

各報道機関 御中

国立大学法人山梨大学

海水と河川水を混ぜて発電する「塩分濃度差発電」、日本での有用性が明らかに！

[はじめに]

この度、山梨大学生命環境学部環境科学科3年の渡邊琴弓さんと、山梨大学大学院総合研究部生命環境学域島弘幸教授らは、再生可能エネルギー[1]のひとつとして有望視される「塩分濃度差発電」の国内出力予測値を、当該分野において初めて分析しました。



顔写真: (左) 渡邊琴弓 (わたなべことみ) さん [山梨大学 生命環境学部 環境科学科 3年生]、
(右) 島 弘幸 (しまひろゆき) 教授 [山梨大学 大学院総合研究部 生命環境学域]

[成果掲載誌]

本研究成果は、Elsevierが発行する学術雑誌 Desalination (Impact Factor 8.4) に、2025年2月20日オンライン掲載されました。

論文タイトル: Salinity gradient energy of 109 first-class water systems in Japan

(和訳: 日本国内の全109一級水系で得られる塩分濃度差エネルギー)

著者: Kotomi Watanabe¹, Yuri Akiba², Hiroshi Ishidaira³, Hiroyuki Shima¹

著者の所属: ¹渡邊琴弓、島弘幸: 山梨大学生命環境学部、²秋葉祐里: 山梨県富士山科学研究所、

³石平博: 山梨大学国際流域環境研究センター

URL: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2025.118706>

[研究成果の概要]

塩分濃度差エネルギー (Salinity Gradient Energy: SGE) とは、塩水と真水を混ぜたときに、その混合水から熱として放出されるエネルギーのことです。たとえば海岸沿いの河口周辺では、河川から海へ流れ出た「淡水」が、海の「海水」と混じり合うため、膨大なエネルギーが常に大気中や海水中に逃げ去っています。この日々捨て去られるエネルギーを、無駄なく人間社会で利用するための技術が、塩分濃度差発電です。

塩分濃度差発電は、**天候や時間帯に左右されずに発電**することができるため、**太陽光発電や風力発電の弱点を補う再生可能エネルギー源**として期待されています。特に、四方を海で囲まれた海洋国である日本では、その有用性の高さが見込まれます。そのいっぽうで、日本沿岸の河口周辺で塩分濃度差発電を行った場合に、どのくらいの電力を得られるのかを分析した研究例はありませんでした。

そこで本研究では、日本が擁する全ての大規模河川(全一級水系; 109 水系[2])について、その周辺で塩分濃度差発電を行った場合に得られる電力とエネルギーを理論的に算出しました。さらにその結果を、既存の発電方法で得られる電力・エネルギーと比較することで、**日本における塩分濃度差発電の有用性**を定量的に実証しました。

[研究の背景・目的・意義]

持続可能で安価なエネルギー源の確保は、私たち人類が現代社会で直面している喫緊の課題のひとつです。昨今では、枯渇の心配がなく大量の電力を生産できる「**太陽光エネルギー**」と「**風力エネルギー**」が注目を集めています。しかし残念ながら、これらのエネルギー源から供給できる電力は、**天候や時間帯に大きく左右される**という難点があります。そのため、天候や時間帯に左右されることなく、常に必要な電力量を供給できる再生可能エネルギー源の発見が待たれています。

塩分濃度差エネルギー (Salinity Gradient Energy: SGE) は、前述の需要を満たす有望な選択肢と考えられています。SGE は、**河川を流れる淡水**と、**地球表面の 7 割を占める海水**という 2 種類の水溶液を混合することで生成される再生可能エネルギーです。そのため、河口付近では天候や時間帯に関係なくいつでも SGE を採取することができ、大量消費によって将来的に資源が枯渇する心配もほとんどありません。

世界中の海と河川に潜在する SGE は、莫大な量に及びます。仮に**世界中の SGE すべてを電気に変換すると、1TW 以上の電力が得られる**と見積もられています。この量は、**全世界における電力需要の 2 割に匹敵する量**です。こうした有望性を踏まえ、これまでに世界中の色々な国や地域で SGE ポテンシャルが計算され、その有用性が検討されてきました。SGE ポテンシャルを考える上で共通するのは、利用可能な河川水が多ければ多いほど、より多くの電力を発電できるということです。さ

らに、国内を流れる河川が多いほど、数多くの発電設備を設置して、国内の電力需要を賄うことができます。

上記の観点から考えると、私たちの住む日本は、塩分濃度差発電に適した地理的条件を備えていると言えます。日本は国土の約 4 分の 3 が森林と山で占められており、各地域に潤沢な水源が存在します。また、国土面積が狭いにもかかわらず、日本の年間降水量（約 1,700 mm/年）は世界平均（約 880 mm/年）の 2 倍近くあります。さらに、島国である日本の河川の多くは、大陸を流れる諸外国の河川と比べると、短くて勾配が急峻です。これらの条件を踏まえると、日本の河川は塩分濃度差発電に十分な河川流量を備えていると推察されます。しかしこれまで、日本の沿岸域における SGE ポテンシャルを定量的に計算した先行研究はありませんでした。

本研究では、日本の河口域で理論的に利用可能な SGE の値を、各種の地理情報データを用いて定量的に分析しました。具体的には、日本を流れる一級河川 109 水系に着目し、各水系の 1 日の流量変化を考慮したうえで、河口域で得られる電力量を算出しました。その結果をもとに、塩分濃度差発電に適した地域を特定するとともに、その他の発電方式(化石燃料由来・再生可能エネルギー由来を含む)で得られる電力との比較を行いました。

[本研究成果のポイント]

図 1 は、塩分濃度差発電の仕組みを図解したものです。海水(塩水)と河川水(淡水)という、塩分濃度の異なる 2 つの溶液を、半透膜[3]で隔てて貯水します。すると、水分子のみが河川水から海水へと一方向に浸透[4]します。この一方向の浸透によって、海水タンク側の水量が増し、パイプを流れる海水の勢いが増します。こうしてできた強い水流をタービンに噴射して回転させることで、発電が可能になります。

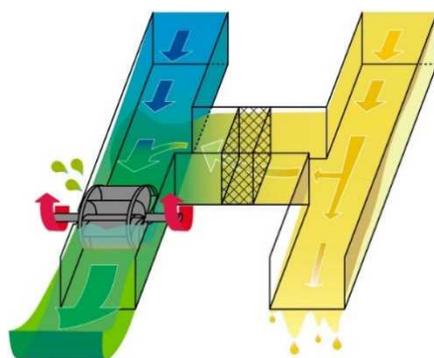


図 1 塩分濃度差発電のメカニズム。河川水（黄色）に含まれる水分子は、半透膜（中央のハッチング部分）を通して、海水（青色）に向かって一方的に混ざり込む（緑色）。すると、海水側の水量だけが増加して、その流れの勢いが強くなる（逆に河川水側の水量は減少して流れが弱くなる）。こうして勢いが増した海水の流れをタービンに噴射すると、タービンが回転して電気エネルギーが発生する。

図 2 の地図は、本研究で調べた全国 109 水系の位置関係を表しています。海岸沿いに示した 109 個の赤い点は、それぞれの水系に属する河口の位置です。本研究では、これら河口付近における河川流量・水温・塩分濃度などの値を各種データベースから引用し、各河口において塩分濃度差発電を行った際に得られる電力とエネルギーを算出しました。

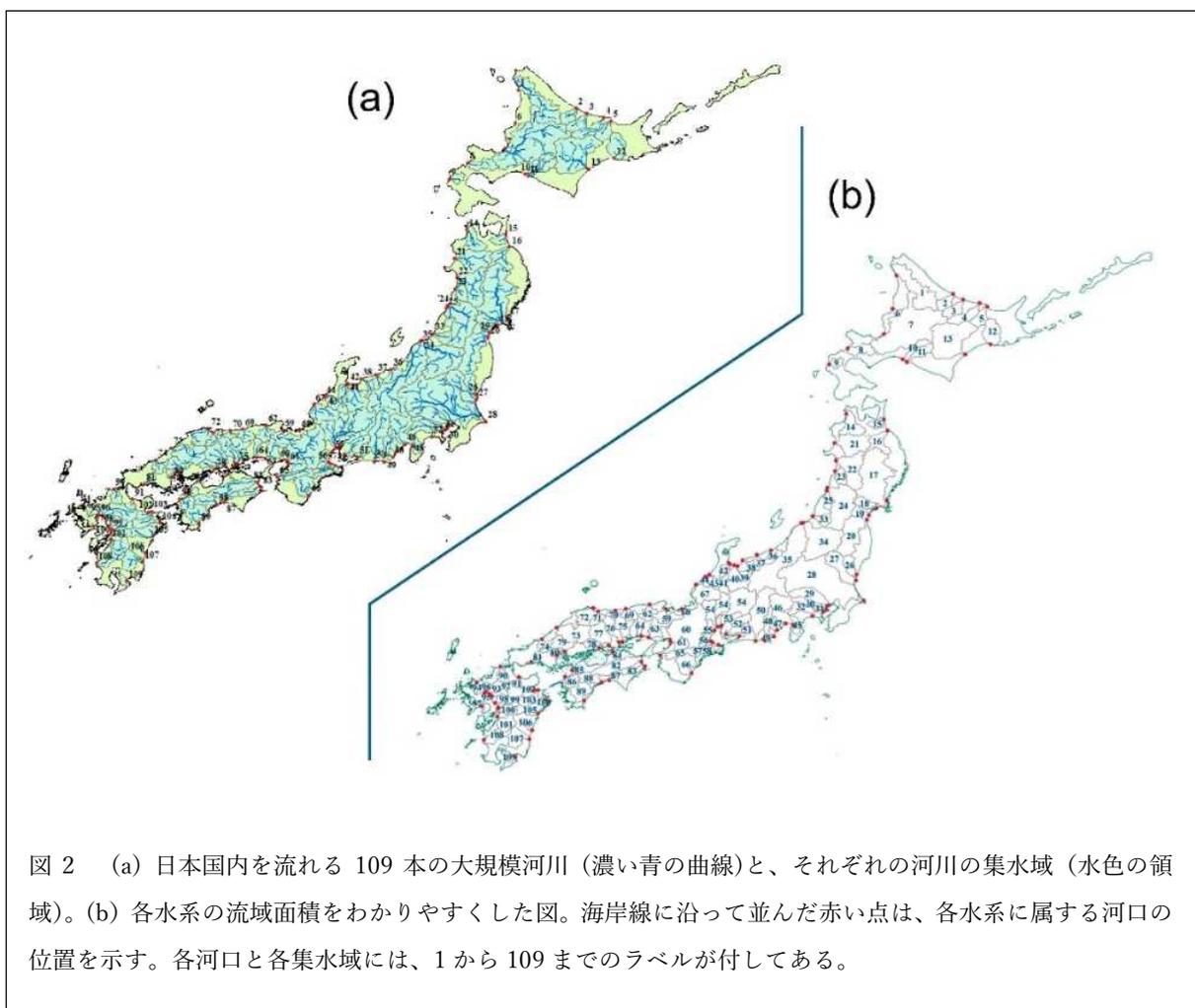


図 2 (a) 日本国内を流れる 109 本の大規模河川（濃い青の曲線）と、それぞれの河川の集水域（水色の領域）。(b) 各水系の流域面積をわかりやすくした図。海岸線に沿って並んだ赤い点は、各水系に属する河口の位置を示す。各河口と各集水域には、1 から 109 までのラベルが付してある。

[次ページにつづく]

図3には、河川の流量データの例として、2022年における信濃川と木曽川の流量データを示しました。本研究では、2011年から2022年までの直近11年間について、109本の国内一級河川すべての河川流量データを取得し、それらのデータを用いて塩分濃度差発電の出力予測を行いました。

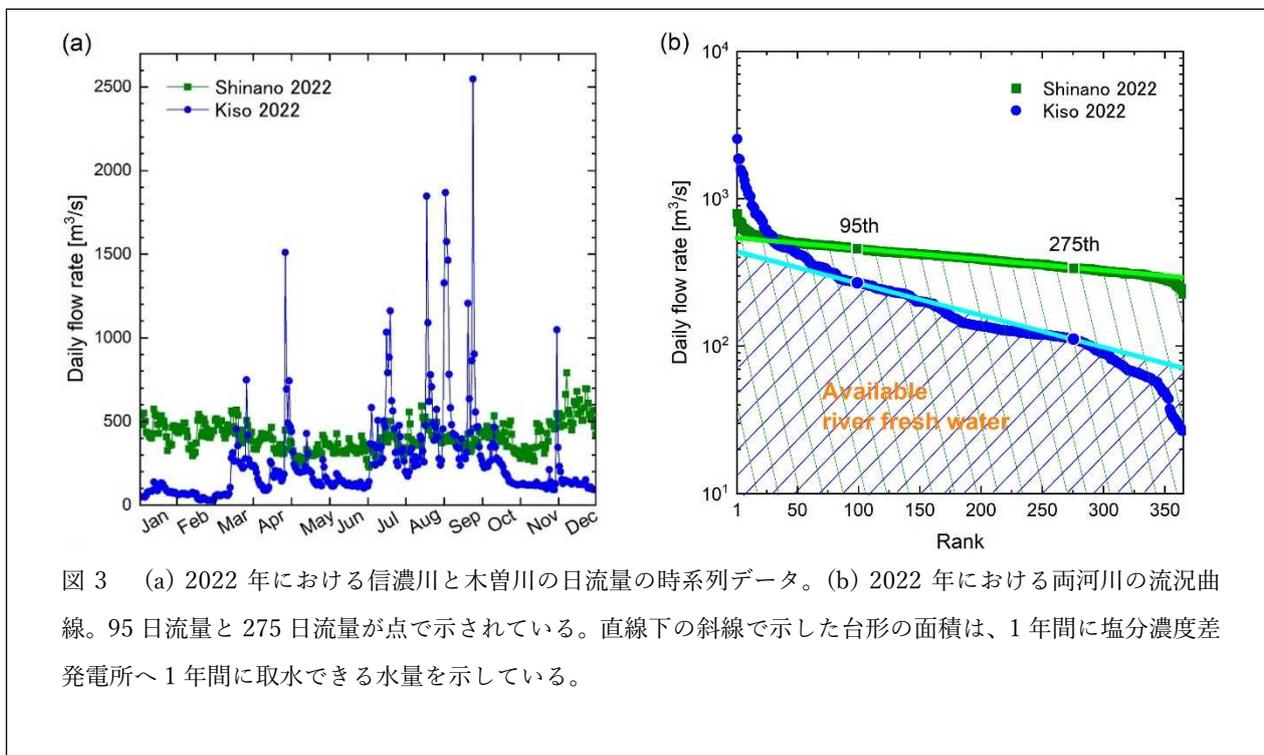


図3 (a) 2022年における信濃川と木曽川の日流量の時系列データ。(b) 2022年における両河川の流況曲線。95日流量と275日流量が点で示されている。直線下の斜線で示した台形の面積は、1年間に塩分濃度差発電所へ1年間に取水できる水量を示している。

[次ページにつづく]

図4の左表は、特に大きな出力が見込まれる上位7つの河川を示しています。図4右の図と比較すると、上位7つの河川のうち3つの河川(信濃川、阿賀野川、最上川)の河口が、日本海沿岸の北部に集中していることがわかります。また、出力予測の最高値と最低値では、300倍以上の差が見られました。これらの結果は、今後日本で塩分濃度差発電施設の建設適地を検討する際の基礎情報になると期待できます。

河川名	理論値 [MW]	賦存量 [MW]
信濃川	998	39.9
石狩川	993	39.7
木曾川	826	33.0
阿賀野川	726	29.2
北上川	702	28.1
利根川	669	26.8
最上川	570	22.8
⋮	⋮	⋮
六角川	13	0.5
土器川	3	0.1
平均	152	6.1
合計	16,518	660.7

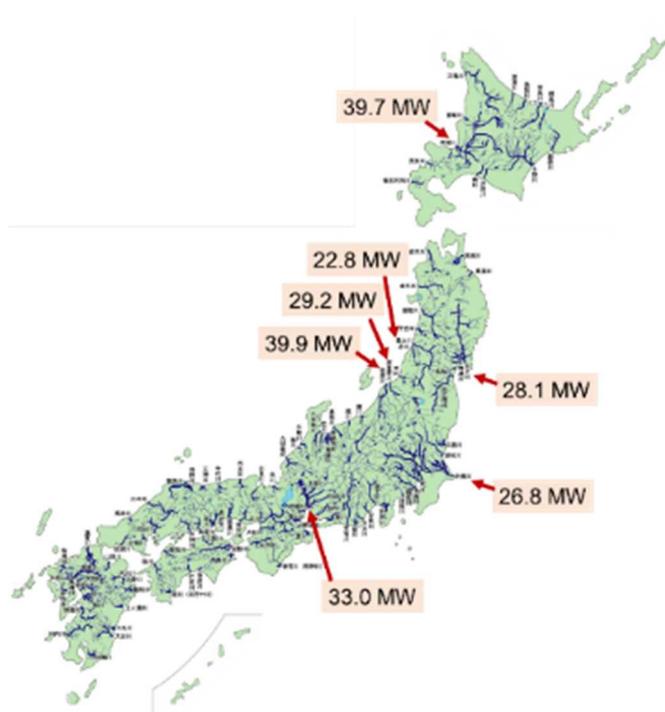


図4 (左表) 国内一級河川における塩分濃度差発電の電力ランキング。理論値[6]と賦存量[7]の両方について、最上位7河川と最下位2河川を記載。(右図) 上位7河川の分布図と予測電力の値。

[次ページにつづく]

表1は、塩分濃度差発電で得られる電力を、他の発電方法で得られる電力と比較したものです。左側の2列は、発電所1基あたりで生成される電力の平均値と最大値を示します。一番右の列は、国内の全発電所で発電可能な電力の合計値です。

表1から得られる重要な知見は、発電所1基当たりの電力が、太陽光発電や風力発電、その他の再生可能エネルギーによる電力と比べて大きくは劣っていないという点です(表中では赤字で強調)。この結果は、塩分濃度差発電が将来、エネルギーミックス[5]を支える主要な再生可能エネルギー源として利用できることを示唆しています。前述したように、太陽光発電や風力発電には、その発電量が天候や時間帯に左右されるという欠点があります。したがって、この弱点を補う形で塩分濃度差発電を活用することで、日本の再生可能エネルギーによるエネルギー供給率を高めることができます。

発電方式	平均出力	最大出力	発電所数	国内出力合計
	[MW/発電所数]	[MW/発電所数]		[GW]
SGP発電(理論値)	152	998	109	16.5
SGP発電(賦存量)	6	40	109	6.6
原子力	2,206	8,212	15	33.1
火力	336	5,160	467	15.6
バイオマス	50	4,100	98	4.6
水力	28	560	1,674	49.5
地熱	26	112	17	0.4
風力	13	122	356	4.6
太陽光	4	258	4,724	16.4

表1 日本国内における塩分濃度差発電の出力予測と、既存の発電方式による電源別発電実績との比較。後者のデータは、既設発電所の発電容量（発電機をフル稼働させた場合の最大電力）の値を、経済産業省・資源エネルギー庁のデータベースから入手した。発電所1基あたりで生成可能な電力の平均値が、塩分濃度差発電(=6 MW)、風力発電(=13 MW)、太陽光発電(=4 MW)の各々に関して赤字で示されている。

[次ページにつづく]

【用語解説】

[1] 再生可能エネルギー

資源に限りのある化石燃料(石油・石炭など)とは異なり、一度利用しても比較的短期間に再生が可能で、繰り返し利用できるエネルギーのこと。主な例は、太陽光・風力・地熱などのエネルギーであり、いずれも地球温暖化を引き起こす二酸化炭素をほとんど排出しない。

[2] 一級水系

河川法に定められた日本の水系の区分により、国土交通大臣が特に重要として指定した水系のこと。国土保全や国民経済の観点から特に重要な水系として、政令で指定されたものを指す。(ちなみに「水系」とは、一つの河川の流れを中心として、それにつながる支流・沼・湖などの一群を合わせた単位を指す。)

[3] 半透膜

小さい分子だけを透過させ、大きな分子は透過させない膜のこと。塩分濃度差発電の場合は、水分子だけを透過させ、他のイオン(Na イオンや Cl イオン)は透過させない半透膜を用いる。

[4] 浸透

濃度の異なる 2 種類の溶液を半透膜で仕切った時、膜を通して一方の溶媒が他方の溶液の中に自然に混じっていく現象。塩分濃度差発電の場合は、膜を通して水分子(つまり淡水の溶媒)が海水側へ浸透する。

[5] エネルギーミックス

様々な発電方法を組み合わせて、環境に配慮しながら社会全体に電気エネルギーを供給すること。

[6] (塩分濃度差発電電力の)理論値

河口を流れる河川水をすべて発電に利用でき、かつ SGE から電気エネルギーへの変換効率を 100% と仮定した場合に算出される電力とエネルギーの値。

[7] (塩分濃度差発電電力の)賦存量

河口を流れる河川水の一部だけが発電に利用できると仮定し、かつ SGE から電気エネルギーへの変換効率として現実的な値を設定した場合に算出される電力とエネルギーの値。本研究では、発電に使える取水量を全河川流量の 10% とし、かつエネルギー変換効率を 40% と設定して、各河川の賦存量を算出した。

[問い合わせ先]

<研究に関すること>

山梨大学 大学院総合研究部 生命環境学域 環境科学系

教授 島 弘幸 (しま ひろゆき)

メール：hshima@yamanashi.ac.jp

<広報に関すること>

山梨大学 総務企画部総務課広報・渉外室

メール：koho@yamanashi.ac.jp

電話：055-220-8005、8006

F A X：055-220-8799