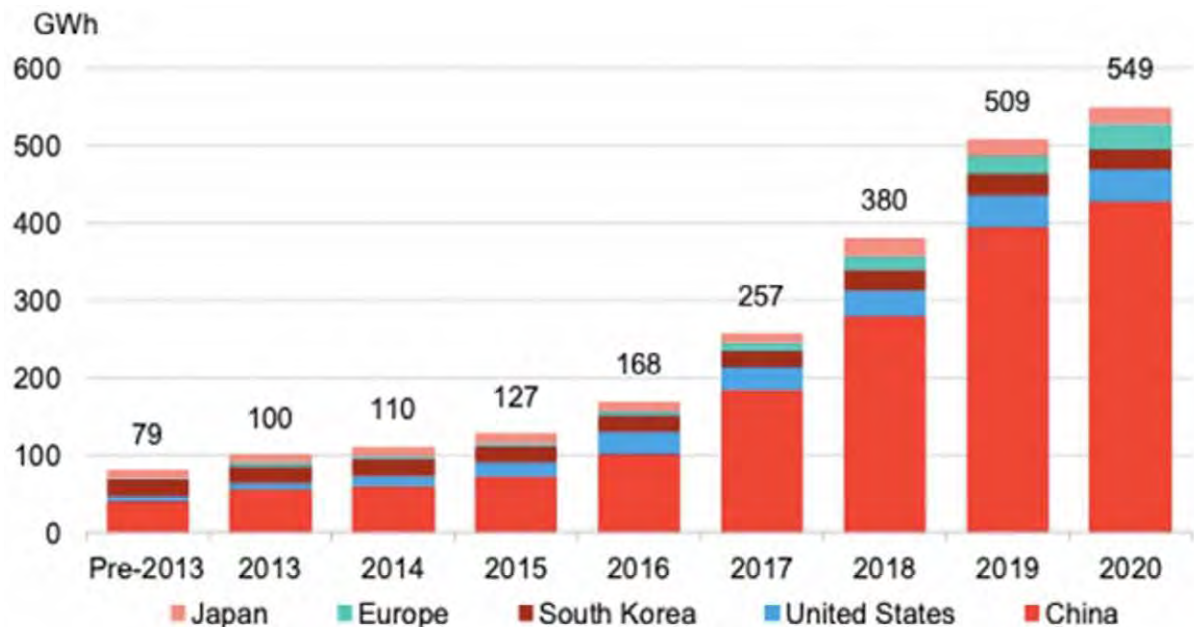


(図 16-9 国別バッテリーセルの製造力割合⁵¹⁹⁾)

Country	Cathodes Manufacturing (3 M tons)	Anode Manufacturing (1.2 M tons)	Electrolyte Solution Manufacturing (339,000 tons)	Separator Manufacturing (1,987 M sq. m)
United States	—	10%	2%	6%
China	42%	65%	65%	43%
Japan	33%	19%	12%	21%
Korea	15%	6%	4%	28%
Rest of World	10%	—	17%	2%

(図 16-10 リチウムイオンバッテリーの国別部品シェア⁵²⁰⁾)



(図 16-11 世界のバッテリー製造能力(累計)⁵²¹⁾)

⁵¹⁹ DoE, National Blueprint for lithium batteries 2021-2030, p. 13.

⁵²⁰ Ibid., p. 19.

⁵²¹ BloombergNEF. Energy storage trade and manufacturing: A deep dive. (February 2021), p. 13. Retrieved from [https://csi-s-websi-te-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-](https://csi-s-websi-te-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/Energy%20Storage%20Case%20Study%20-%20BloombergNEF.pdf?KC0qvXIE3LM6AIBS.IyXF9Ln07GtK5oc)

[public/Energy%20Storage%20Case%20Study%20-%20BloombergNEF.pdf?KC0qvXIE3LM6AIBS.IyXF9Ln07GtK5oc](https://csi-s-websi-te-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/Energy%20Storage%20Case%20Study%20-%20BloombergNEF.pdf?KC0qvXIE3LM6AIBS.IyXF9Ln07GtK5oc)

	Number of factories / sites	Largest manufacturer (Country)	Market concentration (Country)	Market concentration (Company)	Adjacent industries	U.S. reliance on imports*	Barrier to entry	Value
Battery cell	215	China	Med	Med	n/a	High	Med	High
Battery pack	65	China	Low	Low	n/a	Med	Low	Low
Cathode	131	China	Med	Med	Metallurgy	High	Med	High
Anode	81	China	High	Med	Graphite	High	Med	Med
Separator	93	China	Med	High	Membrane materials	Med	High	Med
Electrolyte	64	China	Med	High	F chemicals & petrochemical	Med	Med	Med
Lithium mining	19	Chile	Med	High	Metallurgy	Med	High	High
Lithium refining	14	China	High	Med	Metallurgy; Lithium chemicals	Low	Med	Med
Cobalt mining	22	D.R.C	High	High	Metallurgy	Med	High	High
Cobalt refining	21	China	High	High	Metallurgy; Co chemicals	Med	High	High
Nickel mining	22	Indonesia	Med	Med	Stainless steel	Med	High	Med
Nickel refining	18	Indonesia	Med	Med	Stainless steel	Low	Med	Med

(図 16-12 部品別の生産拠点とその製造キャパシティ⁵²²)

(3) 中国における水素燃料電池の技術政策

米国がリチウムイオン蓄電池の研究開発に邁進する一方で、中国では近年水素燃料電池の開発が急速に進んでいる。「第 14 次五カ年計画」でも戦略的新興産業として水素エネルギーが盛り込まれており、2019 年には中国初となる「中国水素エネルギー・燃料電池産業白書 36」を発表している。同白書では、2050 年までに水素エネルギーは全エネルギー消費の 10%を占め、水素産業チェーン年産額は約 12 兆元に達すると予想されている⁵²³。また、水素燃料電池車販売台数は 2050 年までに 14%に達すると推測されている。一方で、この白書は水素普及を目指すエネルギー企業を中心にまとめたものであり、その予測が楽観的であるという指摘もある。このように、中国の水素エネルギーの研究開発は中央政府が明確な国家戦略を策定していないことがしばしば指摘されている⁵²⁴。

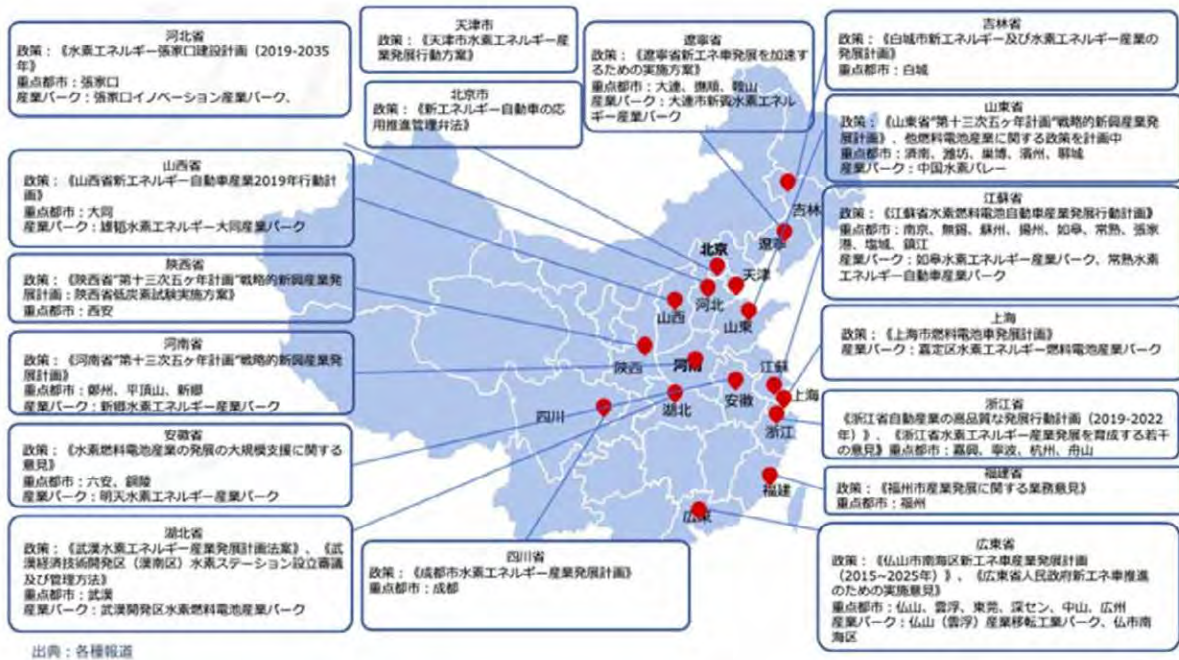
その一方で、地方政府がその産業技術政策で重要な役割を果たしている。例えば、上海市は 2017 年の段階で既に「上海市燃料電池自動車発展計画」を発表しており、広東省の佛山市もこれに続く形

⁵²² 同上, p. 4.

⁵²³ 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 北京事務所 「中国の水素・燃料電池産業の動向」(2020 年 1 月) <https://www.nedo.go.jp/content/100902859.pdf>

⁵²⁴ Nakano, Jane, “China’s hydrogen industrial strategy.” CSIS Commentary (Centre for Strategic and International Studies: February 3, 2022). Retrieved from <https://www.csis.org/analysis/chinas-hydrogen-industrial-strategy>

で、2018年に「仏山市水素エネルギー産業発展計画(2018~2030年)」を発表。湖北省の武漢市は、中国国内の最先端の水素エネルギー研究開発施設である水素燃料電池産業パークを設立し、100社以上の関連企業のナレッジの集約を目指すとともに、2020年を目処に水素の製造と貯蔵、膜電極、電池スタック等の主要技術分野で国際水準に達することを掲げてきた。このように、中国の水素エネルギー技術開発において、地方政府が主軸となり、関連企業との連携の下に進められていることは注目すべき特徴である(図16-13)。



(図16-13 地方政府の水素燃料電池に係る主な政策⁵²⁵)

4. 日本のバッテリー技術政策動向

(1) 日本のリチウムイオン蓄電池開発

日本は2019年に吉野彰教授がリチウムイオン蓄電池の研究でノーベル化学賞を受賞したことからもバッテリー研究開発の高さが窺える。しかしながら、2010年代に急増したりチウムイオン蓄電池の生産はここ数年急落傾向にある(図16-14)。またその販売金額も輸出が増加を牽引している点も特徴である。特に、海外輸出の半分を米国向けが占めている。リチウムイオン蓄電池の組み立ては東アジアにその拠点が集中していることもあり、日本は米国のバッテリーサプライチェーンの中核を担ってい

⁵²⁵ NEDO 「中国の水素・燃料電池産業の動向」p. 42.

る⁵²⁶。ただし、他国と比較した場合、この5年を見ても車載用そして定置用リチウムイオン蓄電池のシェアは大幅に縮小傾向にあり、高い技術力とは裏腹に、市場の拡大が課題となっている(図 16-15)。

こうした中で日本は、次世代蓄電池の開発にも近年積極的に取り組んできた。例えば、蓄電池のリサイクル関連技術開発の分野では、蓄電池材料として再利用可能な品質でリチウム 70%、ニッケル 95%、コバルト 95%を回収する技術の確立を掲げ、資源リスクと環境負荷の低減を目指している⁵²⁷。EV向けの「革新型蓄電池技術開発」では、2021年度政府予算として新規に23.8億円を計上し、コストと性能の両面でリチウムイオン電池を凌駕する革新型蓄電池の実用化を目指している⁵²⁸。特に、銅、鉄、亜鉛及び炭素等の安価かつ資源リスクの少ない材料を使用し、高エネルギー密度化と安全性の両立を実現可能なフッ化物電池と亜鉛負極電池の開発では日本が世界をリードしている。また従来の全固体型のリチウムイオン蓄電池で高い技術力を誇る一方で、中国や欧州企業の追い上げも顕著である。我が国は、2030年に向けて液系リチウムイオン電池の開発に着手、この10年で液系蓄電池のイノベーションが期待される⁵²⁹。

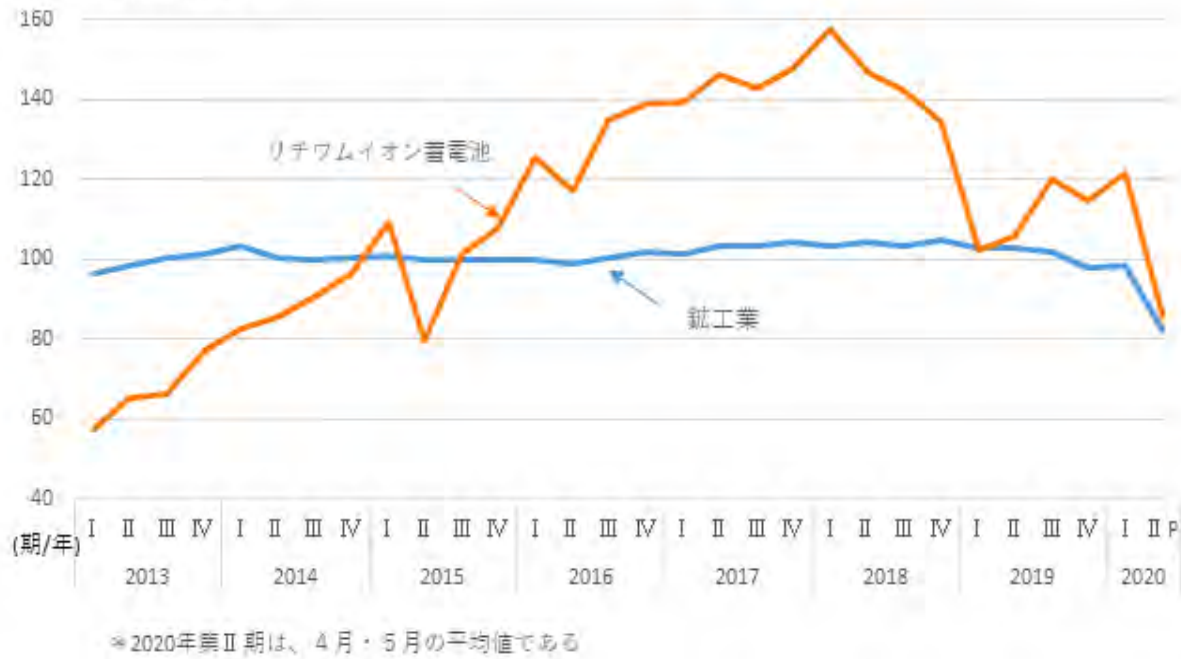
⁵²⁶ 経済産業省 「社会に貢献するリチウムイオン蓄電池—その国内生産の動向」 https://www.meti.go.jp/statistics/toppage/report/mini_kai_setsu/hi_tokoto_kako/20200703hi_tokoto.html

⁵²⁷ 経済産業省 「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」 <https://www.meti.go.jp/press/2021/11/20211111004/20211111004.html>

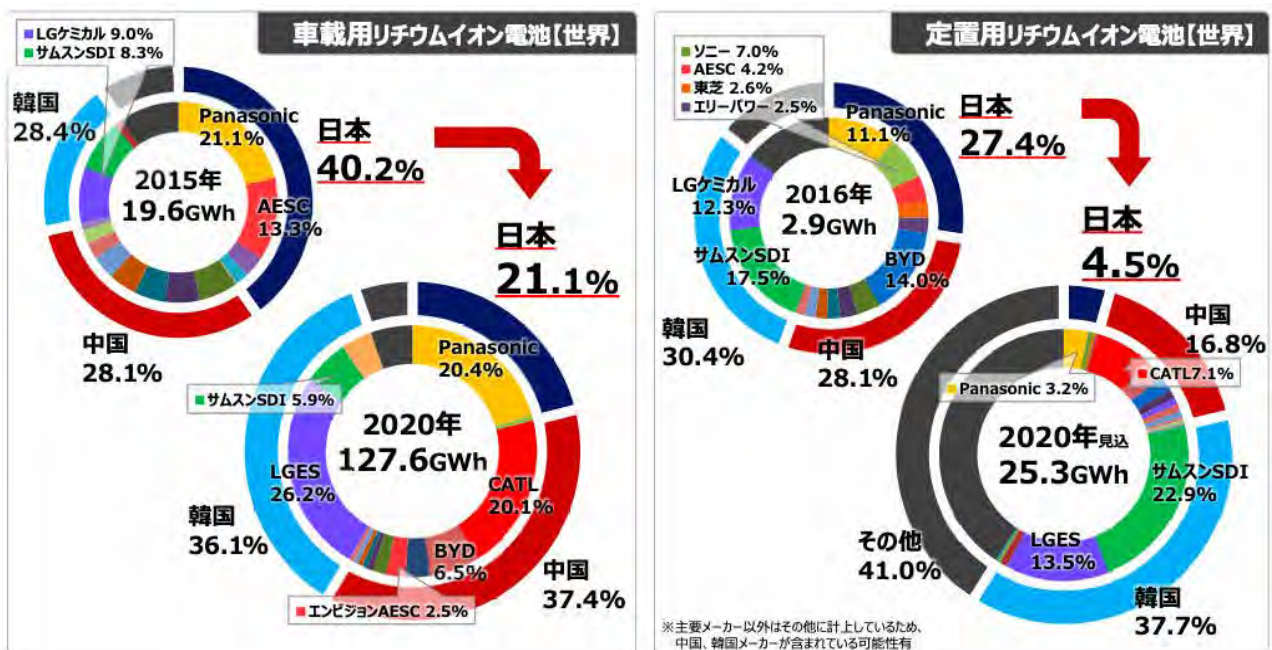
⁵²⁸ 経済産業省 「電気自動車用革新型蓄電池技術開発」 https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2021/pr/en/sangi_taka_16.pdf

⁵²⁹ 経済産業省 「蓄電池産業の現状と課題について」(2021年11月18日) https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/chikudenchi_sustai_nability/pdf/001_s01_00.pdf

(2015年=100,季節調整済)



(図 16-14 リチウムイオン蓄電池の生産推移⁵³⁰)



(図 16-15 リチウムイオン蓄電池 日本の世界シェア⁵³¹)

(2) 日本の水素発電の展望

⁵³⁰ 経済産業省 「社会に貢献するリチウムイオン蓄電池—その国内生産の動向」

⁵³¹ 経済産業省 「蓄電池産業の現状と課題について」

米国が次世代蓄電池の開発により脱炭素を実現しようとする一方で、我が国はより包括的な技術戦略で長期的にモビリティ、発電そしてその他の産業における低炭素化を目指している⁵³²。前述の中国が水素定置燃料電池の開発に着手する中で、韓国や欧州も水素戦略を策定し、新規参入に乗り出している。日本は世界初の水素国家戦略として「水素基本戦略」を2017年の段階で既に策定しており、水素燃料で技術的に世界を牽引することを目指している⁵³³。水素は電力や産業分野等、様々な分野での低炭素化の実現に貢献することが期待される。

定置用バッテリー技術では、水素を用いたより低コストの燃料電池の開発が進められてきた。例えば、水素発電による火力電源の低炭素化等、CO₂ 排出量削減に向けた取り組みの中で水素が注目を浴びている。また将来的に従来の天然ガスのみならず、水素を燃料とした分散型電源であるプロトン(H⁺)伝導型燃料電池の開発も進められており、基礎研究の段階では発電効率75%の達成が可能であることが実証されている⁵³⁴。

5. 政策提言

(1) 我が国の今後のエネルギー政策の指針

米国と中国との関係性において日本のエネルギー技術の立ち位置を整理してみると、日本を含む東アジアにおいては、国内の電力供給を担う水素発電技術の発展が目覚ましく、一方で、蓄電池技術においては、日本は中国や韓国同様に米国の蓄電池産業の重要なサプライチェーンの一部を担っていると言える(図 16-16)。世界のバッテリーセルの製造メーカーを見ても日本を含む東アジアの企業が有力である(図 16-17)。こうした中で、サプライチェーンにおいては、日米同盟を基軸として米国と強固な連携を継続していくことが求められる。2021年に日米の両首脳は「日米気候パートナーシップ⁵³⁵」を締結済みであり、「クリーンエネルギー技術の開発、普及およびイノベーション」に向けた取り組みを推進していくことに合意している。こうした両国間の枠組みの中で、革新的バッテリー技術の開発とそのサプライチェーンの強靱性の強化に対するさらなるコミットメントが期待される。

⁵³² 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO), 「ビリティ/水素分野の技術動向について」(2020年8月21日). https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_envi ronment/green_innovation/pdf/002_04_01.pdf

⁵³³ 経済産業省 資源エネルギー庁 「カーボンフリーな水素社会の構築を目指す『水素基本戦略』」(2018年2月13日) <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyosuisokihonsenryaku.html>

⁵³⁴ NEDO, 「ビリティ/水素分野の技術動向について」

⁵³⁵ U.S. -Japan Climate Partnership on Ambition, Decarbonization, and Clean Energy. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/04/U.S.-Japan-Climate-Partnership.pdf>

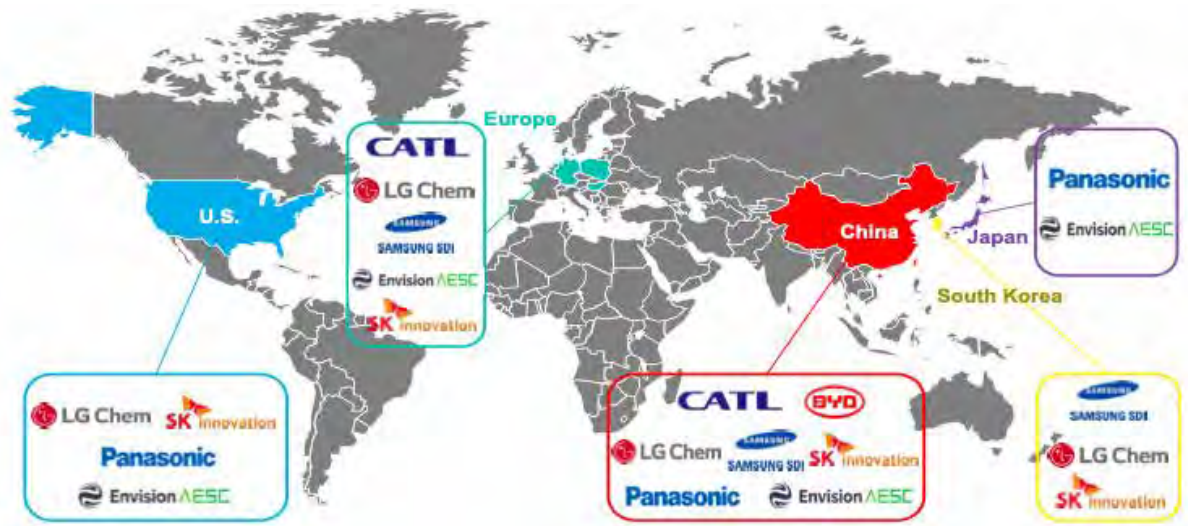
水素発電技術のイノベーションにおいても、技術開発における中国及び韓国とのさらなる連携強化が期待される。日中両国は昨年、「天然ガスに代わるクリーンな燃料技術」の開発で連携をすることに合意しており、水素を二酸化炭素（CO₂）と反応させて都市ガスする技術の開発を対象に官民連携でアジア発の環境技術を育てることを確認した⁵³⁶。民間レベルでも日本の日立造船と中国の榆林化学が実証事業に参画し、両国のクリーン・イノベーションに貢献している。我が国は、世界初「水素基本戦略」を策定した国として、世界の水素技術開発において、強いリーダーシップを発揮しながら、中国や韓国等の近隣諸国との盛んな技術交流の場を設け、水素技術におけるアジア初の技術イノベーションを世界に向けて発信していくことが今後さらに期待されるだろう。



(図 16-16 水素発電とリチウムイオン蓄電池産業における日本の立ち位置、執筆者作成)
技術発展とサプライチェーン)

⁵³⁶ 日本経済新聞「クリーン燃料、日中協力 水素・CO₂ からガス生成」 (2021年12月26日)

<https://www.nikkei.com/article/DGKKZ078790460V21C21A2EA3000/?unlock=1>



(図 16-17 世界7大バッテリーセル製造メーカーとその生産拠点⁵³⁷⁾)

(2) 技術発展とサプライチェーン

再生可能エネルギーに関わる蓄電池技術ではその技術それ自体はもちろん、サプライチェーンの確保がもう一つの大きな課題となる。後者については、中国がバッテリー加工産業の大半を占有していることは他国にとって経済安全保障上の脅威であり、米国をはじめ各国が中国のサプライチェーンに依存しない形でのバッテリーの開発と製造に注力してきた。つまり、蓄電池技術に関しては、単に技術を発展させれば良いのではなく、その技術にはどのような資源が必要なのかということも併せて検討する必要がある。特にニッケルやコバルトといった蓄電池に用いられるレアメタルは、中国を含む特定の国でしか産出されないため、民主主義で我が国に親和的な国と安定したサプライチェーンを確立するという必要もある。

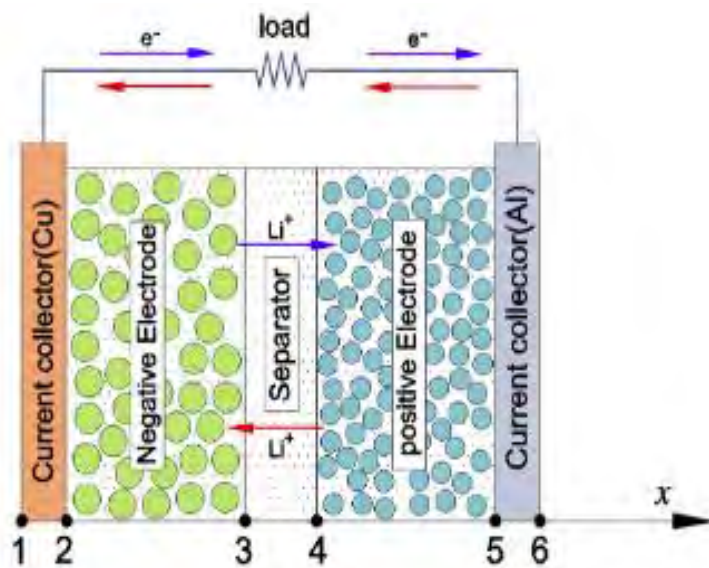
しかし、中国も他国の天然資源獲得に極めて野心的であり、例えば電気自動車等のバッテリーに用いられるニッケル資源はインドネシアがその最大の産出国であるが、その国内産業はほぼ中国が牛耳っているといえる。中国はインドネシア南スラウェシ州に強大なニッケル精製工場群を建設しており、インドネシア政府がニッケルの輸出規制を敷いている間に、インドネシア国内のニッケル精製産業を作り上げつつある。選択と集中で科学技術の発展を目指す一方で、その資源の獲得に関してもより一層にイニシアティブを発揮していくことが求められる。それゆえに、日本の蓄電池技術戦略は再生可能エネルギー資源戦略と足並みを揃えて検討される必要があるだろう。この意味で、先進国との技術協力はもちろん重要であるが、同時にエネルギー資源の産出国となるインドネシアやフィリピン

⁵³⁷ BloombergNEF. *Energy storage trade and manufacturing*, p. 15.

ン、さらにはラテン・アメリカやアフリカ諸国への直接投資や技術協力等も極めて重要な戦略となり得るだろう。

Appendix A: 主要な蓄電池の構造一覧

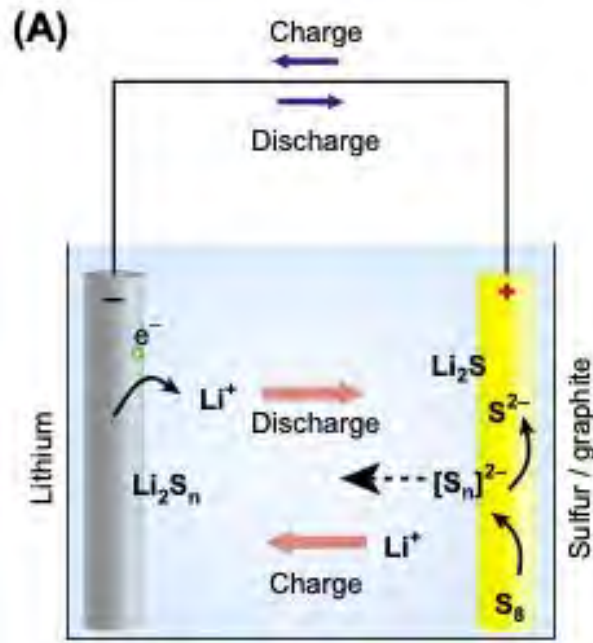
(1) リチウムイオン蓄電池⁵³⁸



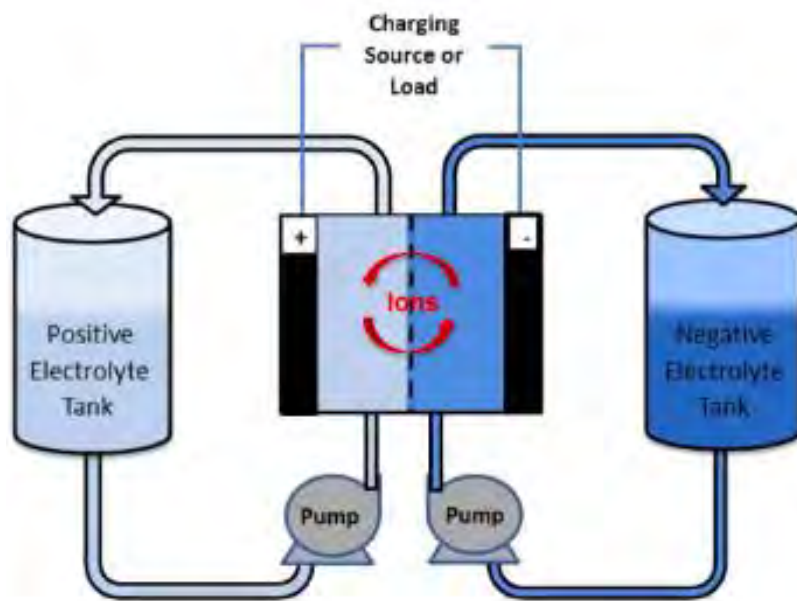
(2) リチウム硫黄電池⁵³⁹

⁵³⁸ Yang, Naixing, Yonghong Fu, Hongya Yue, Jianxiao Zheng, Xuefeng Zhang, Chang Yang, and Juan Wang. “An improved semi-empirical model for thermal analysis of lithium-ion batteries.” *Electrochimica Acta* 311 (2019), p.10.

⁵³⁹ Kurzweil, P., and J. Garche. “Overview of batteries for future automobiles.” Garche, Jurgen, Eckhard Karden, P. Moseley, and David Rand (Eds.), *In Lead-acid batteries for future automobiles* (Amsterdam, oxford and Cambridge: Elsevier, 2017), p. 76.



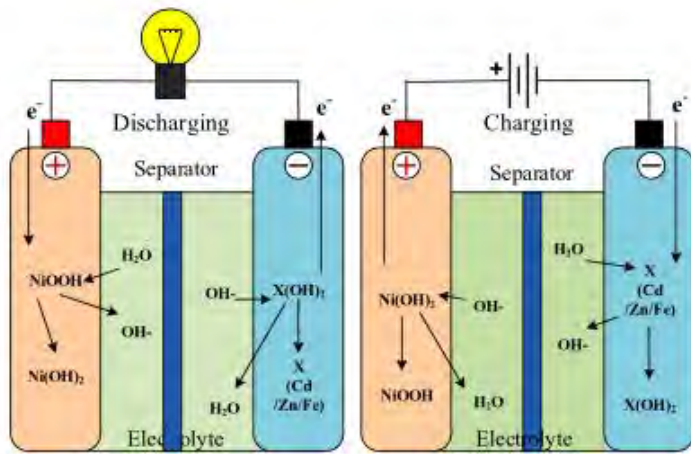
(3) レドックスフロー電池⁵⁴⁰



(4) ニッケル蓄電池⁵⁴¹

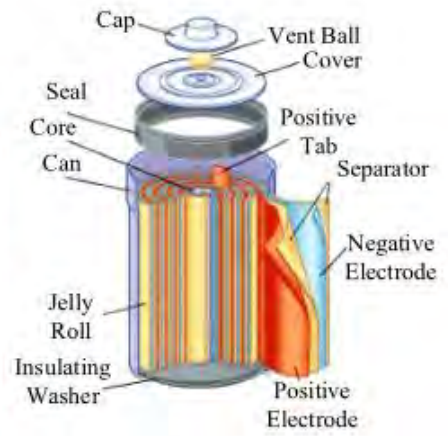
⁵⁴⁰ Bamgopa, Musbadeen, Saif Almheiri, and Hong Sun. "Prospects of recently developed membraneless cell designs for redox flow batteries." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70 (2017), p. 507.

⁵⁴¹ Hannan, M. A., Md M. Hoque, Azah Mohamed, and Afida Ayob. "Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69 (2017), p. 776.



(a)

(b)



(c)