

学術実験プラットフォーム検討会議資料
2021/5/10

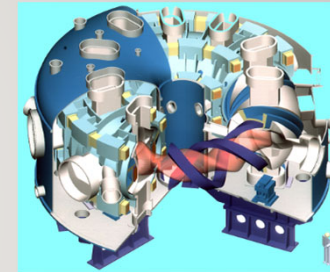
LHD 出口戦略への提案 -核融合科学研究のDX-

研究力強化戦略室 三戸利行

LHDの出口戦略

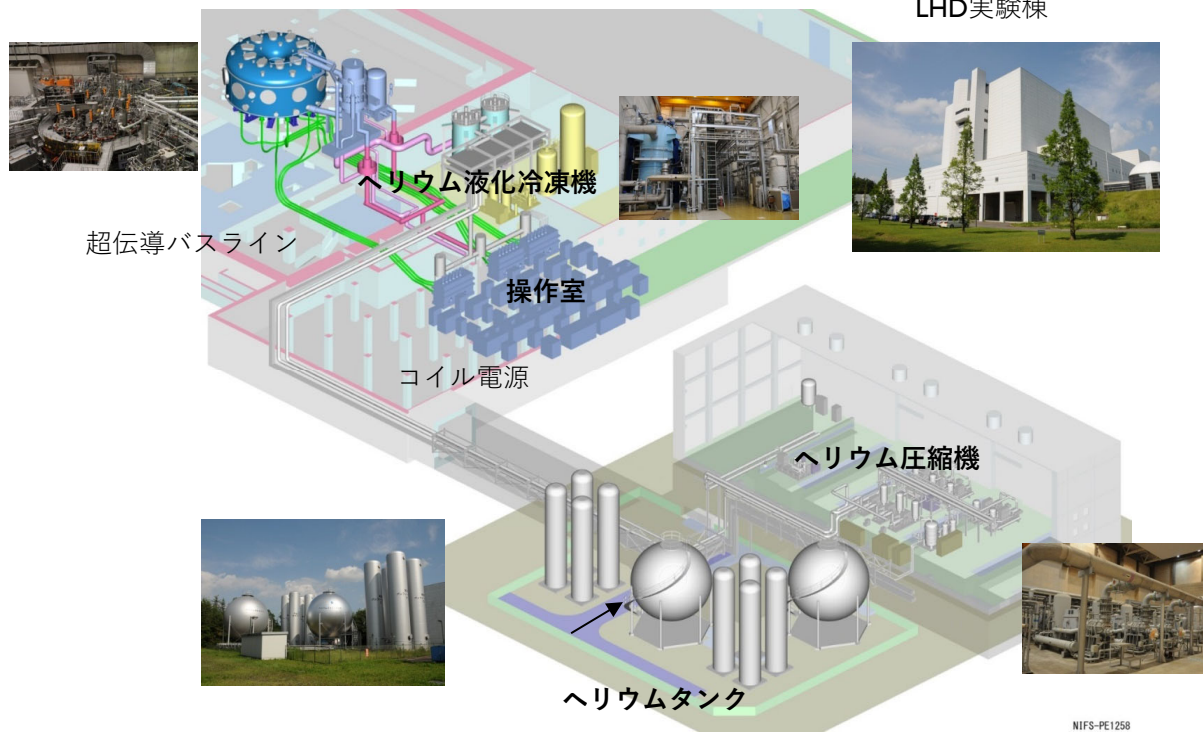
- R4年度のLHDプロジェクト終了後、LHD関連機器、建物、組織をどう整理し活用するのかは、研究所の今後の展開にとって非常に重要
- LHDの超伝導低温システムは建設から30年を経過しており、安全性の観点からそのまま使用し続けることは困難
- また、超伝導低温設備の維持、運転・保守には多額の予算を必要とするため、プロジェクト終了後に維持し続けることは困難
- プロジェクト終了後の超伝導低温システムの整理案について検討した
- 同時にLHDの成果を最大限に生かすための展開案「核融合科学研究のDX」について検討した

LHD超伝導低温システムの整理



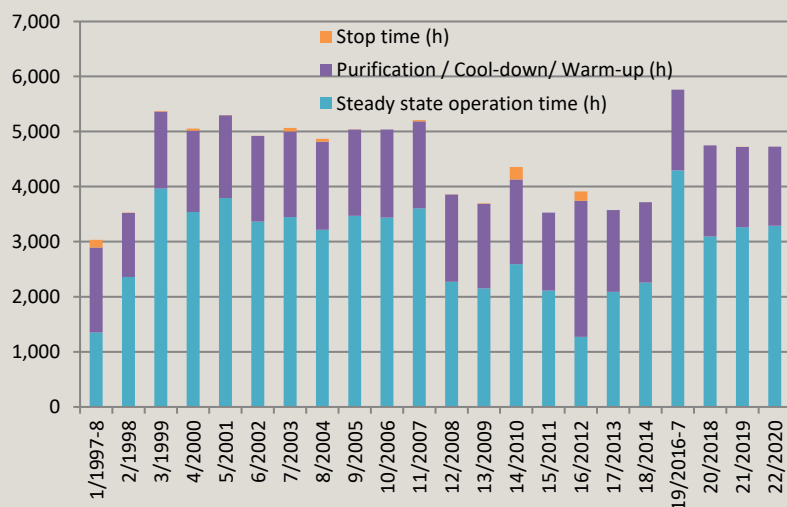
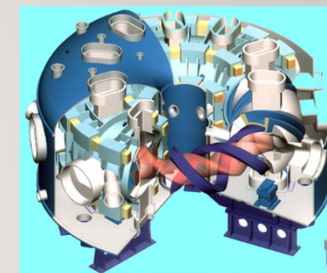
LHDクライオスタット

LHD実験棟



LHD超伝導低温システムの構成

LHDのデコミッショニング



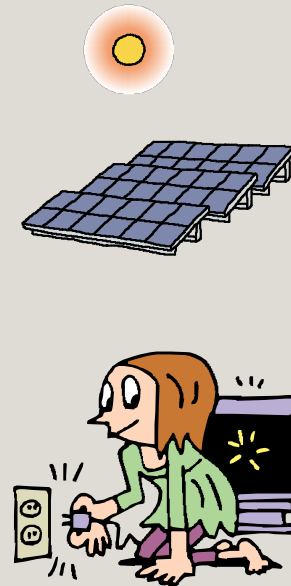
LHD超伝導低温システムの運転履歴

- 1997年から2020年の全運転時間は**98,267**時間に達する。圧縮機停止に至ったシステム停止時間は僅かに**743.2**時間。**99%**を越す高い稼働率で、大型超伝導低温システムの高い信頼製を実証。
- LHD超伝導低温システムの優れた運用成果を将来に引き継ぐため、これまでには収集できなかった精密データ（例えば系内各所のヘリウムガス中の不純物濃度の推移など）を収集すると共に、**24**回の長期連続運転で得られた様々なノウハウを整理・解析し、同様の大型システム（科学技術用、一般産業用）の構築に生かせるように発展させる。
- 単純に機器を解体するのではなく、運転期間**24**年を越す機器内部の状況を詳細に観察しながら計画的な解体を行い、機器の経年劣化に関する貴重なデータを蓄積する。

核融合科学研究のDX



- 2050年のカーボンニュートラル達成には、核融合は残念ながら直接は貢献できない
- しかし、核融合科学研究で得られた超伝導低温技術は、電力の省エネ化で直接貢献することができる
- 2050年の電力消費量を抑えるために、何が最も効果的かを考えた



情報システムの電力消費量の増大



- 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)低炭素社会戦略センターの試算では、現在の日本の情報機器全体の電力消費量は、41TWhと総電力使用量980TWhの4%程度だが、今のデータ増加量が続くとすれば、2030年には、1,480TWh、2050年には、176,200TWhとなり、2030年の段階でも日本の総電力消費量の1.5倍以上の電力消費となり、明らかに破綻している
- 「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響(Vol.1)」、平成31年3月、JST低炭素社会戦略センター、LCS-FY2018-PP-15から抜粋

データセンターの消費エネルギーの増大



低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える 影響 (Vol.2)

—データセンター消費エネルギーの現状と将来予測および技術的課題—

令和3年2月

Impact of Progress of Information Society on Energy Consumption (Vol. 2):
Current Status and Future Forecast of Data Center Energy Consumption and Technical Issues

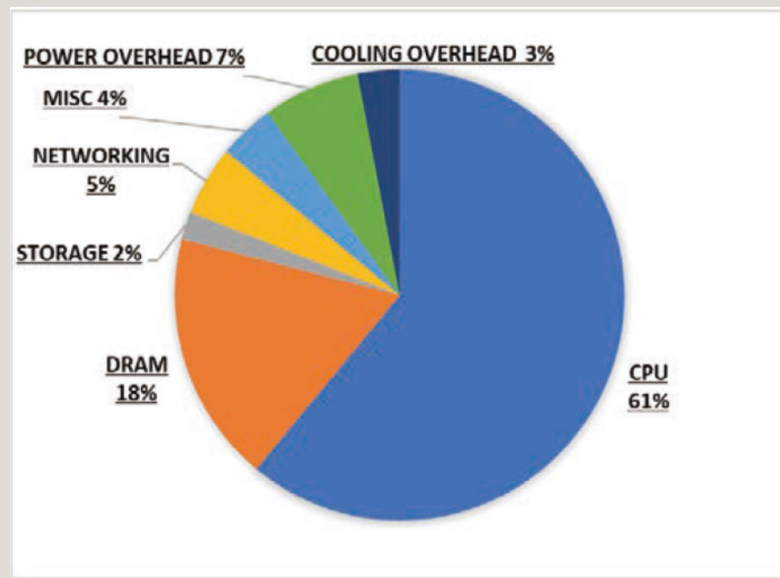
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2020-PP-03

- 「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2)」、令和3年2月、JST低炭素社会戦略センター、LCS-FY2020-PP-03
- データセンターの消費電力
14 TWh (2018)
90 TWh (2030)
12,000 TWh (2050)
- 2030年に現在の3～10倍
2050年には1,000倍の消費電力性能の向上（省エネ化）が必要

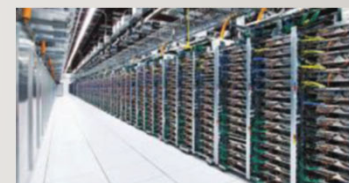
データセンターの 機器別消費電力



機器別消費電力の割合

- エネルギー効率の高い最新のデータセンターでは、**CPU**と**DRAM**で全体の消費電力の**80%**を占めている
- 周辺機器ではなく、メモリーを含む**CPU**本体の省エネ化が不可欠
- 超伝導コンピュータの本格導入による抜本的な省エネ化が求められている

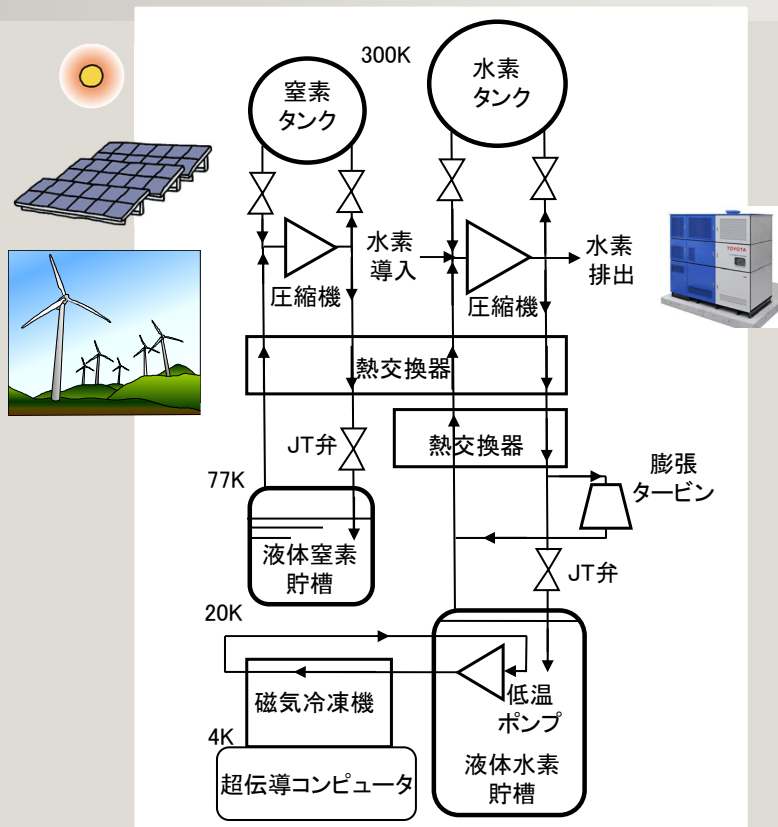
科学技術 データセンター省エネ化



- データセンターの電源として、再生可能エネルギーを利用した水素生成と液体水素を蓄電池として活用した自立電源化を提案する
- 同時に、液体水素の寒冷を有効活用し、磁気冷凍機と組み合わせた超伝導コンピュータの経済的な冷却方式による抜本的な省エネ化を達成する

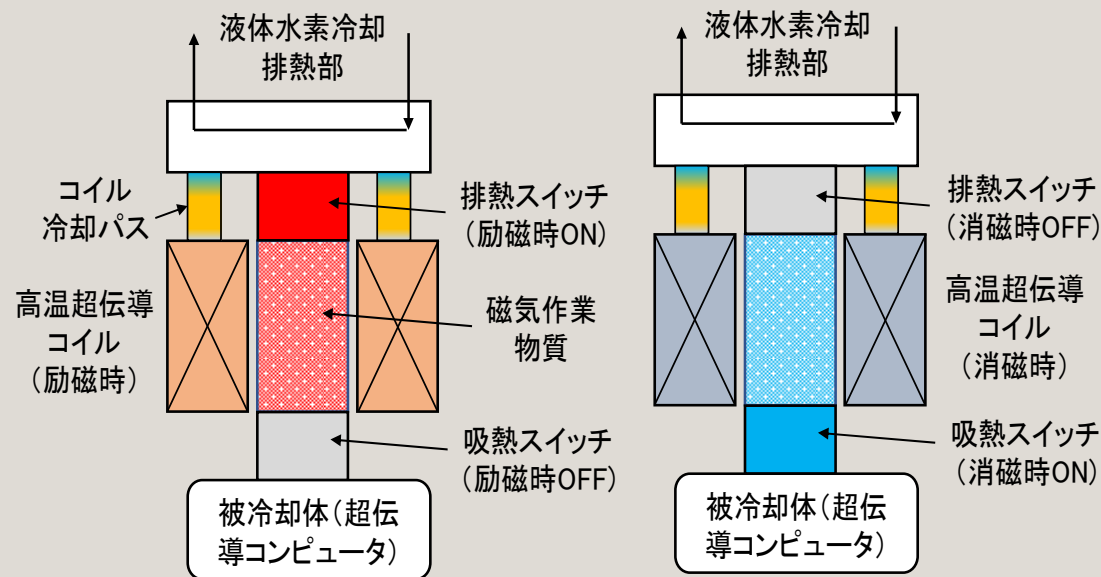
再生可能エネルギーを用いた電源の自立化

液体水素を用いた蓄電も可能な冷却システム



- 太陽光及び風力等の再生可能エネルギーを利用した水素製造と、液化した水素を蓄電池として活用することにより、負荷変動に応じた電源制御が可能で、商用電源から自立したカーボンニュートラルの電源とする
- 液体水素として貯蔵することによって蓄電機能を持たせることにより、自然まかせの発電で日毎の変化や季節変化の影響が大きく、そのままでは電源の負荷変動に対応できない再生可能エネルギーによる発電の欠点を克服する
- データセンターに必要な電力は、貯蔵した液体水素を気化し、燃料電池等で発電する

磁気冷凍機を用いた 超伝導古典コンピュータの冷却



- 液体水素温度から4Kまでの低温の冷却をヘリウム無しで行うことができる磁気冷凍機を実用化する

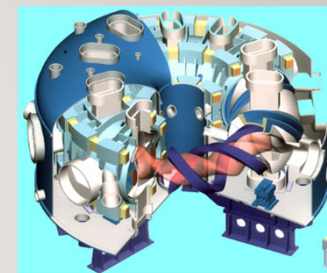
核融合科学研究所の将来像

- **R4**年度からの第**4**期中期計画中に、再生可能エネルギーを用いた電源の自立化が可能であることを実証、それを活用した超伝導古典コンピュータの研究へと展開
- **2030**年に**SGDs**の目標である超伝導古典コンピュータを用いた情報システムの抜本的な省エネ化と再生可能エネルギーを用いたグリーン水素の活用による電源のカーボンフリー化、自立化を実証する
- **2040**年に、超伝導古典コンピュータで周りを取り囲んだ超伝導量子コンピュータの実用化
- **2050**年に、超伝導量子、古典コンピュータのハイブリットシステムの活用（新材料開発、炉システム最適化）により、核融合商業炉の早期社会実装に貢献

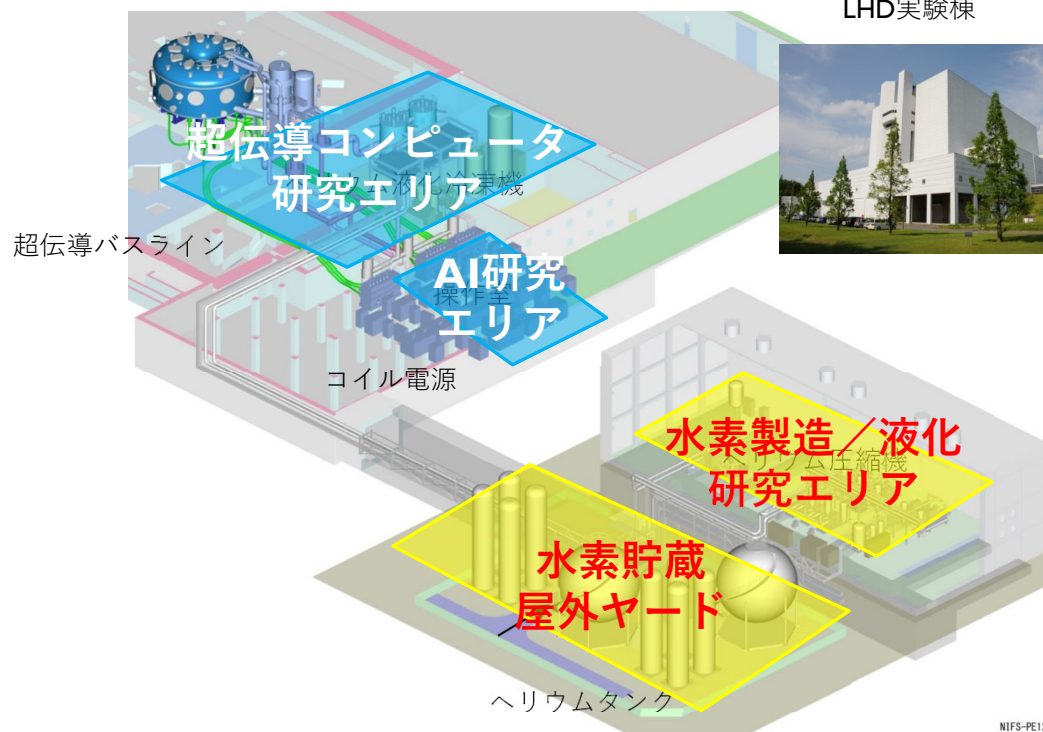
核融合科学研究のDX

項目/年度	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026	R9-12 2027-2030
核融合科学研究のDX	<ul style="list-style-type: none"> 水素液化設備の整備 (温度可変低温設備の増強) 太陽光パネル設置 (別予算) 	<ul style="list-style-type: none"> 水電界グリーン水素製造装置整備 液体水素の冷熱回収装置開発 風力発電設備の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー発電システムの稼働、運転データ収集 AI化した水素液化システムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> AI化した全自動水素液化システムの開発、実装 20K以下を担当する磁気冷凍機の開発 カーボンフリー自立電源の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 核融合科学研究DX化のための基幹設備の動作実証 20K以下を担当する磁気冷凍機の動作実証 	<ul style="list-style-type: none"> 左記の基幹設備を活用した超伝導古典コンピュータ開発研究への展開
LHDのデコミッションング	<ul style="list-style-type: none"> 不純物精密測定装置整備 運転データの収集・整理 デジタルデータ化 	<ul style="list-style-type: none"> 運転ノウハウのデジタルデータ化 機器故障データのデジタルデータ化 	<ul style="list-style-type: none"> 低温システム自動運転/予防保全AIの構築 	<ul style="list-style-type: none"> 低温システム自動運転/予防保全AIの水素液化システムへの導入 	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転/予防保全AI化水素液化システムの動作実証 	<ul style="list-style-type: none"> LHD長期運用DNAの伝承
予算	5億円	5億円	5億円	5億円	5億円	

LHD超伝導低温システムの整理案



LHDクライオスタット



LHD超伝導低温システムの構成

補足資料

2021年4月20日10:00 – 11:00

施設安全課との打合せ資料

施設・安全管理課: 白髭、若島、宮田

研究力強化戦略室: 三戸

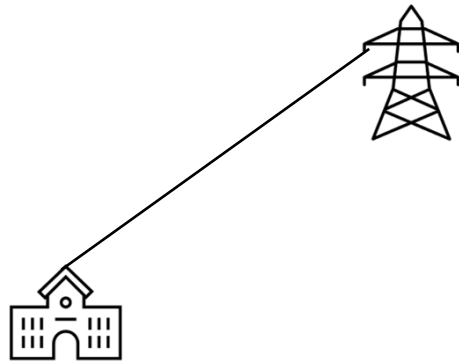
装置工学・応用物理研究系: 平野

PPA 太陽光発電事業計画(案)

～外部資金活用事業提案～

PPA 太陽光発電事業

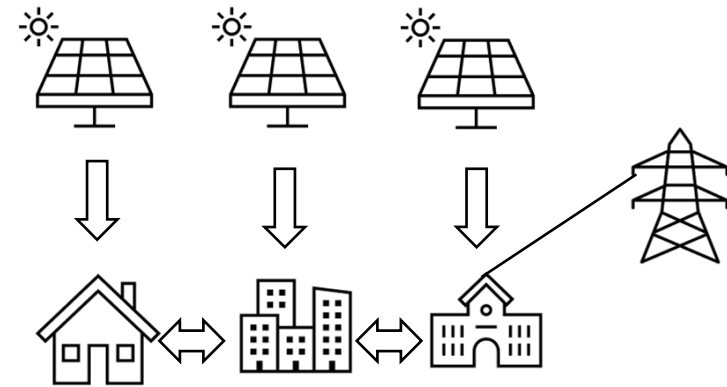
現状



受電単価 = 太陽光単価

- ・設備設置費、メンテナンス費は設置及び撤去費企業負担
- ・CO2削減効果
- ・災害時電力対応
- ・15年程度の長期契約

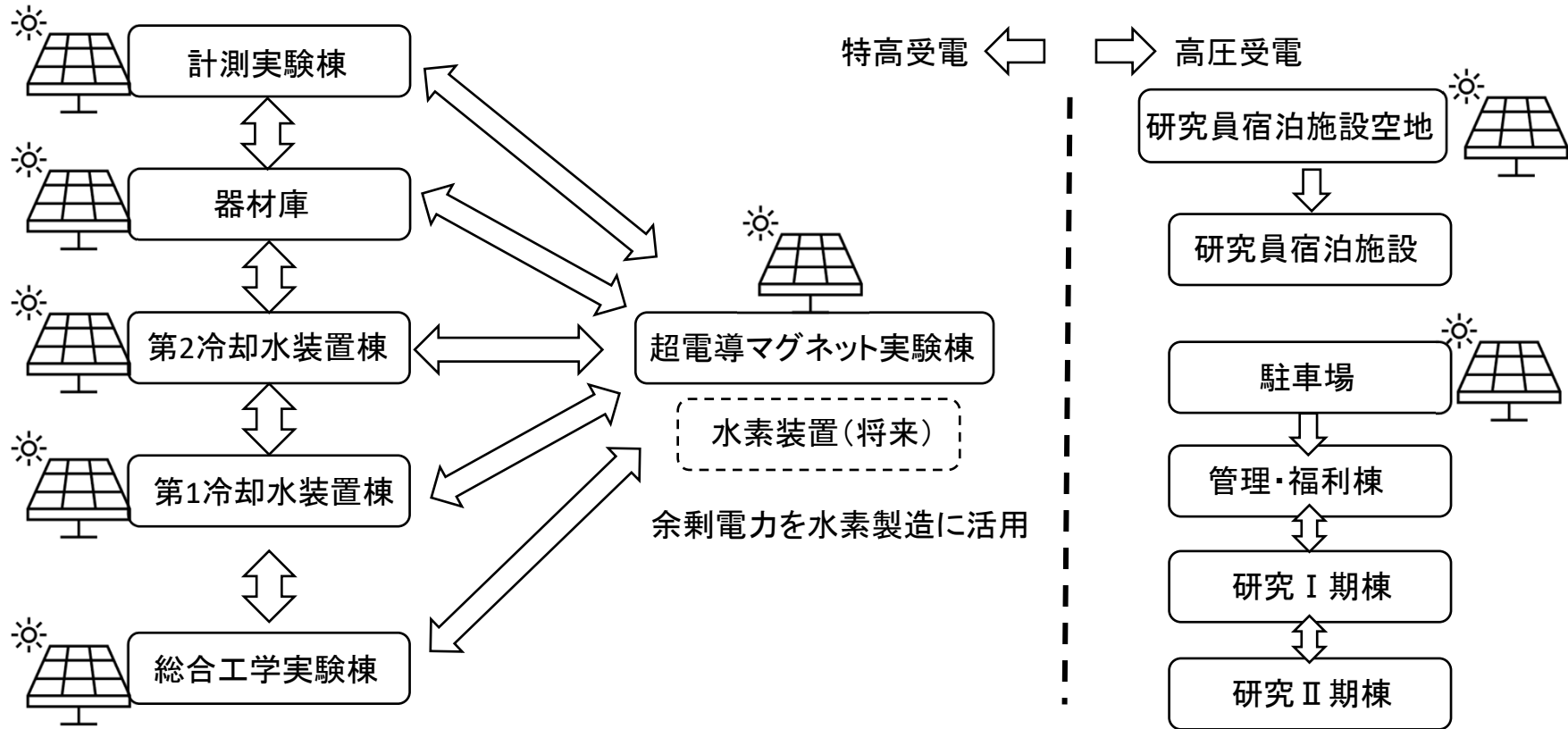
太陽光発電および電力会社受電



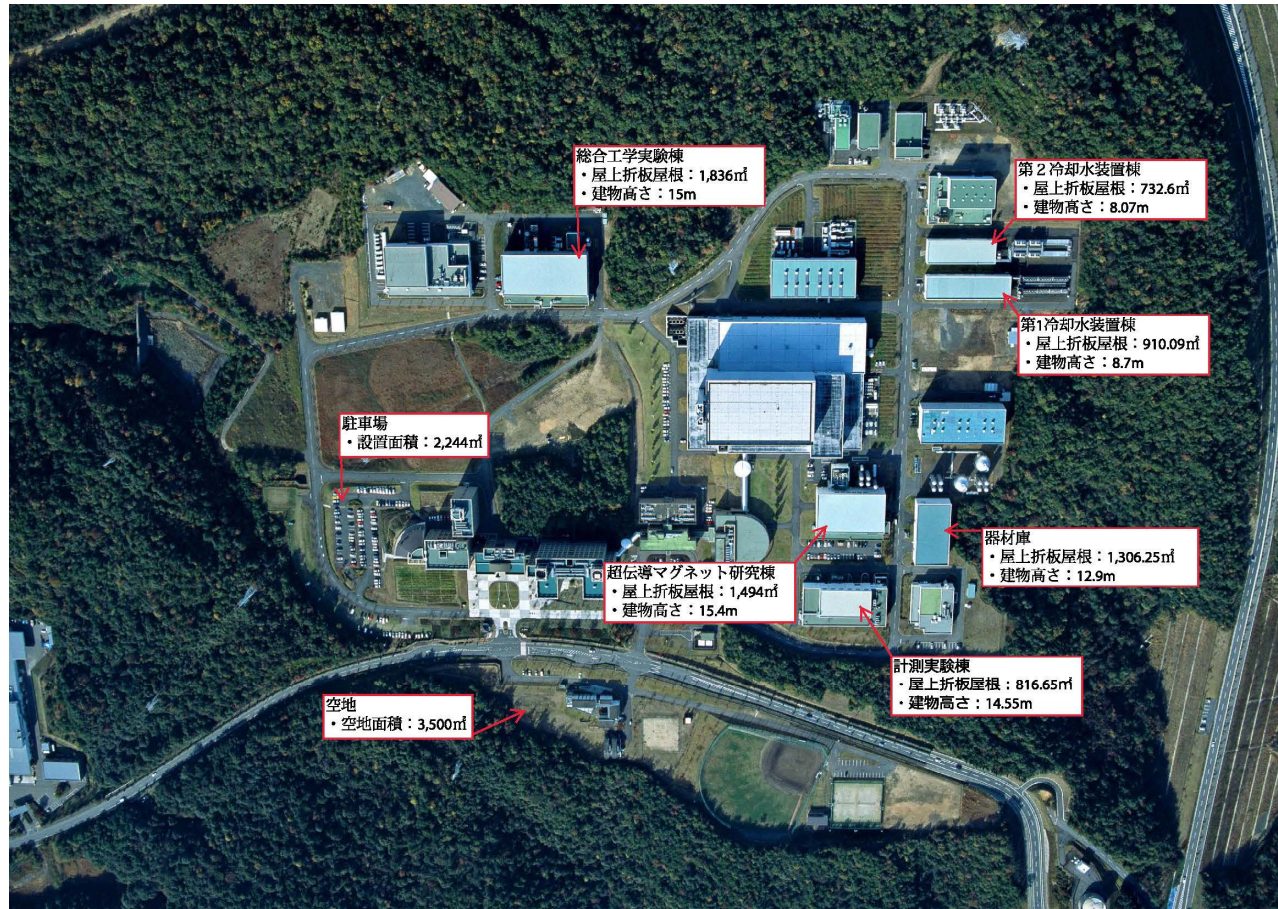
PPA: Power Purchase Agreement

事業者が顧客の屋根、敷地に発電設備を設置して電力供給を行う契約方法

太陽光発電設備設置場所と配電方法(案)



研究所内太陽光発電設備設置想定(案)



核融合科学研究所 施設・安全管理課

再生エネ100%のデータセンター 環境省が新設支援

ネット・IT [+フォローする](#)

2021年2月1日 13:31 [有料会員限定]

保存



環境省は再生可能エネルギーで全電力をまかなうデータセンターの普及に乗り出す。人工知能（AI）を活用し、太陽光やバイオマスで作った電力を自動制御して運用する。データセンターは国内の総電力使用量の1%を超える。今後も高速通信規格「5G」の普及などで需要増が見込まれており、脱炭素との両立が求められている。

データセンターはインターネットに必要なサーバーなどのIT機器を設置する。こうした機器は熱を多く出すため、冷却に大量の電力を消費する。

科学技術振興機構が2019年にまとめた提案書によると、国内のデータセンターの消費電力は推計16テラ（テラは1兆）ワット時で、国内の総電力使用量の1%を超える。デジタル社会が進み、国内外でやりとりされる情報量は30年には現在の30倍以上、50年には約4000倍になると見込まれる。データセンターの省エネ対策は急務だ。

環境省は温暖化ガスを出さないデータセンターの新設を21年度から支援する。24年度までに数カ所を対象にする。21年度予算のデジタル分野の脱炭素経費130億円の一部として計上した。1件あたりの助成費は今後詰める。

環境省の調べによると、データセンターの消費電力は冷却用設備が45%を占める。冷却の負担を考慮して寒冷地での設置を促す。政府は温暖化ガス排出量の

EV・再生エネ用半導体、30年に消費電力半減 経産省

2020/12/20 22:00 | 日本経済新聞 電子版

経済産業省は脱炭素社会の実現をめざし、電気自動車（EV）などで電力を効率よく動力に変換するのに使う「パワー半導体」の消費電力を2030年に向けて現在の半分に減らす目標を掲げる。家電や再生可能エネルギーの発電などで需要が拡大している。脱炭素化の鍵を握る装置として新素材の開発などを支援する。

50年に温暖化ガスの排出を実質ゼロにする政府目標の達成に向け、近く経産省がまとめる半導体・情報通信分野の工程表に盛り込む。

現在主流のシリコンより省エネになると期待される窒化ガリウム(GaN)など、新素材を使う研究開発に補助金を出す。20年度第3次補正予算案で創設された脱炭素技術の研究開発を支援する2兆円の基金や税優遇も使い、設備投資を促す。

30年以降新たに設置する全てのデータセンターを現在より3割、省エネにする目標も設ける。再生エネの利用や電気配線をより高効率な光配線に置き換えることなどを後押しする。将来はデータセンターからの温暖化ガスの排出を実質ゼロにすることをめざす。

次世代高速通信「5G」の導入など急速なデジタル化で世界のデータ通信量は増えている。IT（情報技術）関連の消費電力は30年に16年の36倍に膨れ上がるとの試算もあり、デジタル機器の省エネ化は避けて通れなくなっている。