Technical note of BlueSealマグネット

～ ヘリムフリー[1]マグネットが提供する新たなMR運用 ～

BlueSealマグネットの開発背景

ヘリウムは医療を含む多くの産業で重要な役割を果たしているが、液体ヘリウムの原料となるヘリウムガスを採掘できるガス田が少なく、近い将来には供給不足となる可能性が危惧されている。実際、近年の日本におけるヘリウムの輸入量は減少傾向であるとともに、輸入単価が上昇している（図1）。さらに、ヘリウムは価格の高騰だけでなく、入手が困難になると考えられている。この貴重な天然資源であるヘリウムへの依存度を低減するため、フィリップスは10年にわたる技術研究に基づいて設計された、ヘリウム密封形マグネットである「BlueSealマグネット」を開発した。BlueSealマグネットは、わずか7リットルの液体ヘリウムで超電導状態を維持し、ヘリウムはマグネット内に密封されている。このため、クエンチが発生した場合、ヘリウムガスが外部に排出されることがない。さらに、吸着事故時のクエンチマネージメントやフレキシブルな設置環境といったソリューションにより、新しいMR装置の運用を提供する。このBlueSealマグネットはIngenia Ambition 1.5Tに搭載される。

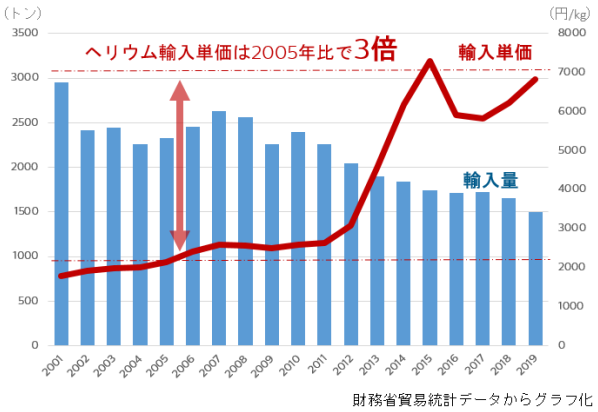


図1　日本のヘリウム輸入量と輸入価格の推移

Ingenia Ambition 1.5T

超電導型MRIにおけるヘリウムの役割

超電導状態とは、物質が電気抵抗ゼロで電流を通すことを意味し、金属を絶対零度まで冷やすと電気抵抗がゼロになる。電気抵抗ゼロのメリットは、電流が流れても発熱しないためエネルギーロスが起こらないこと、そして流せる電流の許容値が大きくなることであり、強力な電磁石の開発に活かすことができる。電磁石の磁場強度を高くするためには、コイルに流す電流を大きくする必要があり、コイルに超電導物質を用いれば、常電導コイルに比べて遥かに強力な磁場を生成することが可能となる。MRIは、超電導のメリットが最も生かされる分野の１つとなっている。
ヘリウムは液化する温度が低く、液化しても絶対零度で凍らない唯一の元素として知られており、超電導には欠かせない物質である。超電導型MRIでは、大型の冷凍機で1,500リットル程度の液体ヘリウムを冷却しながら超電導状態を維持するシステムが35年ほど前に実用化され、現在は超電導型MRIが広く普及している。しかしながら、天然ガスに含まれているヘリウムの量は僅かなため、少量しか生産できず、非常に高価となる。また、わずかな温度上昇で気化してしまうことから温度管理のための設備も大掛かりとなり、超電導型MRIの実用化における最大の課題である。

ヘリウムフリー[1]マグネット

7L(＜0.5%)で超電導状態を維持[2]
少ない資源でエコロジーに貢献
ヘリウム問題の解決

BlueSealマグネットはMicro-coolingテクノロジーにより、わずか7リットルのヘリウムで超電導状態を維持する。このわずかなヘリウムはマグネット内に密封され（Fully sealedテクノロジー）、外部に排出されることがない。超電導型MRIでは、液体ヘリウムが気化して磁場が消失してしまう場合があり、クエンチと呼ばれている。従来の超電導マグネットは約1,500リットルの液体ヘリウムで冷却しており、この液体ヘリウムが気化すると約700倍に膨張するため、クエンチパイプ（ヘリウム排気管）を通じてヘリウムガスを施設外に排出する必要があった。この施設外へ排出された大量のヘリウムガスによる煙が火災と間違われてしまう事があり、クエンチが発生した場合、近隣住民からの問い合わせや通報を考慮して消防署等の関係各所への連絡が必要であった。これに対しBlueSealマグネットは、クエンチが起きたとしてもヘリウムガスが外部に排出されないことがメリットとなり、近隣住民への配慮が必要なくなる。また、クエンチを起こした場合、再度磁場を立ち上げるためには大量の液体ヘリウムを必要とすることが問題となっていたが、Fully sealedテクノロジーに基づいたBlueSealマグネットは、ヘリウムを補充することなく磁場を立ち上げることが可能である。

Micro-coolingテクノロジー

従来のマグネットは、超電導状態を維持するため約1,500リットル以上の液体ヘリウムが必要であった。BlueSealマグネットは、冷却効率が非常に高いMicro-cloolingテクノロジーを採用し、わずか7リットルの液体ヘリウムで 超 電導状態を維持することができる。

Fully sealedテクノロジー

7リットルの液体ヘリウムは、マグネット内に密封され、クエンチによるヘリウムの外部排出を起こすことがない。予期せぬ吸着事故においてもダウンタイムを最小限に抑え、ヘリウムコストが発生することがない。

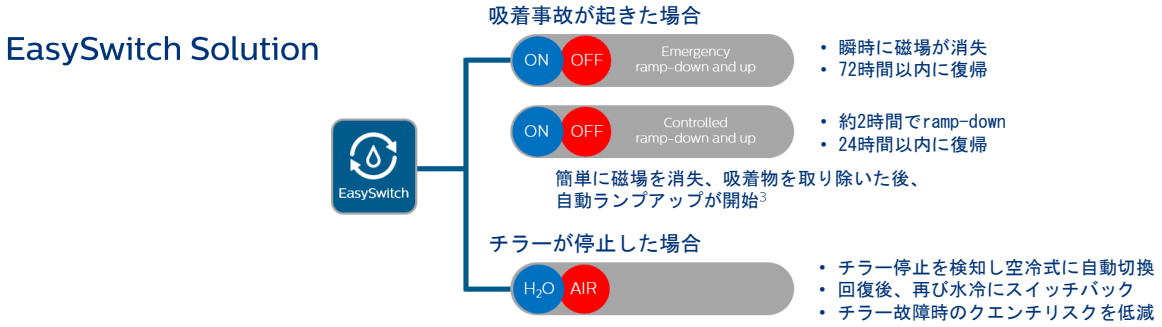
従来のマグネットに必要な
液体ヘリウム
1,500L

BlueSealマグネット
7L(<0.5%[2])

クエンチマネージメント

EasySwitchによりクエンチリスクを防ぐ
吸着事故時のコスト低減・短時間復旧
患者の安全性を向上

BlueSealマグネットにはEasySwitch Solutionという新しいサービス機能が搭載され、一時的な消磁と励磁が可能となる。ヘリウムがマグネット内に密封されていることで、一度気化したヘリウムを再利用することができ、-269度まで冷却することでヘリウムを補充する必要なく再度磁場を立ち上げることが可能となる。この新機能により、予期せぬ吸着事故が発生した場合でも、一時的に磁場を落とし、吸着物を安全に取り除いたあとに磁場を回復することができるようになる。また、気化したヘリウムを再利用することで、消磁・励磁を行う際に液体ヘリウムを補充する必要がなく、コスト負担や検査運用におけるダウンタイムを最小限に抑えることができる。
ヘリウム価格の高騰やヘリウムの確保が困難な状況において、予期せぬ吸着事故等が発生した際のコスト負担やダウンタイムの延長が病院経営面におけるリスクとなりうる。さらに、大きな地震の影響によるクエンチや、震災時には長期間停電が起こることでヘリウム冷却が滞り、クエンチして磁場が失われてしまうことを想定しなくてはならない。これらのリスクに対し、BlueSealマグネットはヘリウムへの依存度が低く、長期的な視点におけるコスト負担が少ない新しいMR運用が可能である。



フレキシブルな設置環境

クエンチパイプの設置が不要
マグネットの軽量化(900kg減[2])

BlueSealマグネットを搭載するIngenia Ambition 1.5Tは、クエンチパイプ設置の必要がなく、従来マグネットと比較して約900kgの軽量化が図られていることも特徴である。建物の構造上の問題でクエンチパイプを設置できない場合や、床の耐荷重補強に対するコスト負担によりMRIの設置における制限となっていたが、Ingenia Ambition 1.5Tは設置の自由度が高く、施工コストに対する負担を低減できる。これまでMRIの設置が困難であった都心のビルや建物内における高層階にも設置可能となり、MRIの新規導入や増設の機会を増やすことができ、経営面のメリットとなりうる。

従来のマグネット
ヘリウム排気管・排気口の設置、メンテナンスが必要

BlueSeal マグネット
クエンチ(外部排出)が起こらないため、
ヘリウム排気管の設置が不要

ハイパフォーマンスデザイン

静磁場安定性0.001ppm/hour
最大FOV55cm

BlueSealマグネットは新たに開発されたMicro-coolingテクノロジーにより、わずか7リットルのヘリウムで1.5Tの磁場を維持しているにもかかわらず、効率的な冷却を行うことができ、高い静磁場安定性（0.001ppm/hour）ならびに均一性の高い静磁場形成が得られるよう設計されている。さらに、高い傾斜磁場直線性（1.4%（50cmDSV））により、最大FOV55cmにおいて歪みなく精度の高いMRI検査が可能であり、さまざまな臨床ニーズに対応することができる（図2）。また、長時間の撮影を行ってもマグネットの温度変化はほとんどなく、高いパフォーマンスを発揮することができている（図3）。

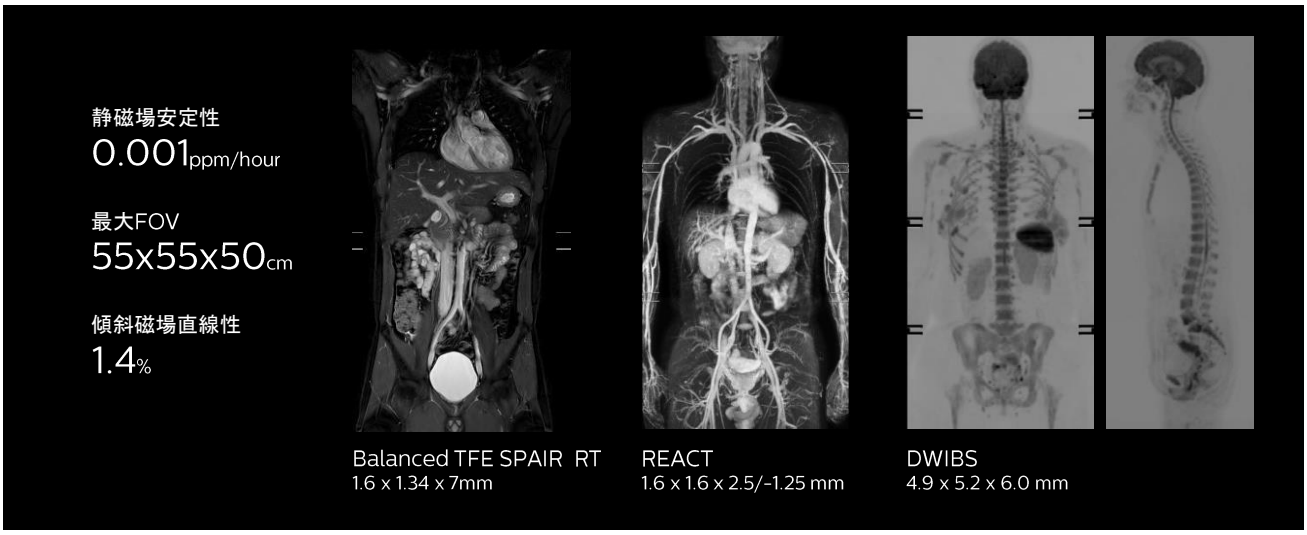
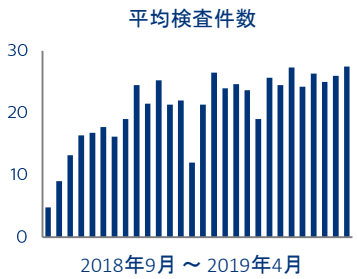


図2　BlueSealマグネットを搭載するIngenia Ambition 1.5Tにおける臨床画像

BlueSealマグネットの平均温度
3.66 +/- 0.02 K°



データ提供: MED 360, Rodenkirchen, Germany,

図3　Micro-coolingテクノロジーに基づいた安定性

1. 7リットルのヘリウムで超電導を維持
2. Ingenia 1.5T ZBOマグネットと比較した場合
3. 保守契約が必要です（契約内容により異なります）

製造販売業者
株式会社フィリップス・ジャパン

〒108-8507 東京都港区港南 2-13-37 フィリップスビル
お客様窓口　0120-556-494
　　03-3740-3213
受付時間 9:00～18:00
（土・日・祝祭日・年末年始を除く）
www.philips.co.jp/healthcare

販売名：フィリップス　Ambition 1.5T
医療機器認証番号：231AFBZX00015000
設置管理医療機器／特定保守管理医療機器
管理医療機器

改良などの理由により予告なしに意匠、仕様の一部を変更することがあり ます。あらかじめご了承ください。詳しくは担当営業、もしくは「お客様 窓口」までお問い合わせください。記載されている製品名などの固有名詞は、 Koninklijke Philips N.V. またはその他の会社の商標または登録商標です。

© 2020 Philips Japan, Ltd.