

高効率・軽量型永久磁石式リターダの開発

新日鐵住金株式会社

代表取締役社長 進藤 孝生

新日鐵住金(株) 製鋼所 産機品製造部	今西 憲治
新日鐵住金(株) 製鋼所 産機品製造部	山口 博行
新日鐵住金(株) 製鋼所 総務部	齋藤 晃
新日鐵住金(株) 技術開発本部	宮原 光雄
新日鐵住金(株) 鉄鋼研究所 材料信頼性研究部	野口 泰隆

はじめに

永久磁石式リターダは、弊社が世界初の技術として1990年に実用化した中大型トラック・バス用の補助ブレーキである。本装置は下り坂での速度超過の抑制や車両の停止距離の短縮に加え、フットブレーキ回数の削減によるドライバーの運転負荷軽減などを通じて交通安全に貢献し、高い評価を頂いてきた。

近年、トラック等の搭載重量の増加や燃費改善を目的としたエンジンの小型化・電動化により排気ブレーキやエンジンブレーキの能力は不足する傾向にあり、制動力不足を補うために永久磁石式リターダの搭載車種を拡大したいとのニーズが高まっている。さらに、製品や製造プロセスによる環境負荷の低減はものづくり企業が果たすべき重要な社会的使命である。

この度、弊社の総合力や最新技術を結集することによって、これらのニーズや社会的使命に応える高効率・軽量型の新機種を開発した。

開発のねらい

新機種（図1）では、磁気回路の高効率化によって高い制動力を最少の磁石重量で発揮するとともに、装置の徹底的な簡易構造化を図った。

この結果、永久磁石に含まれる希少原料であるネオジムの使用量を大幅に削減し、省資源化による環境負荷低減を達成した。また、小型・軽量化と高制動力化を両立し、さらに部品のモジュール設計によって機種数と選択肢を拡大することで、車両への搭載性を大きく改善した。

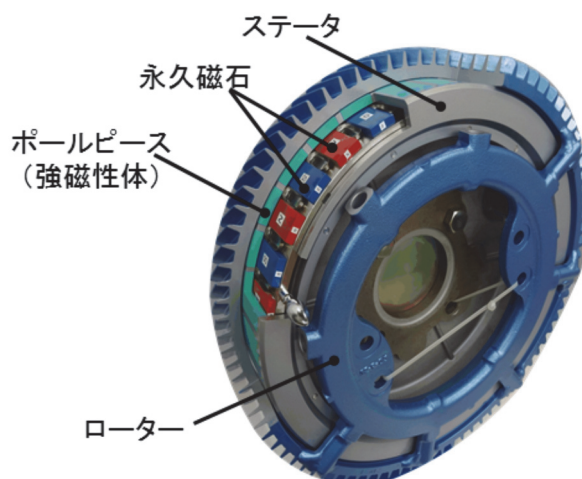
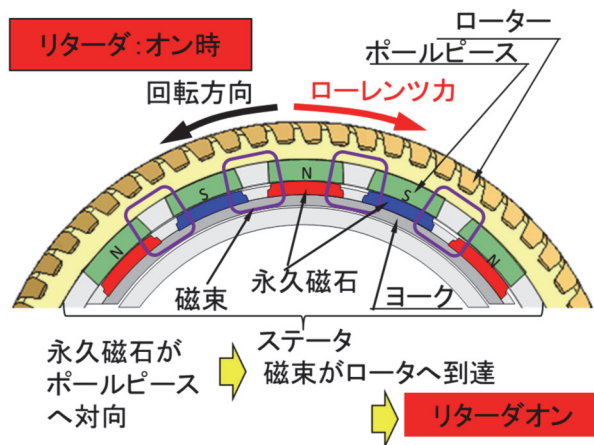


図1 高効率・軽量型永久磁石式リターダ

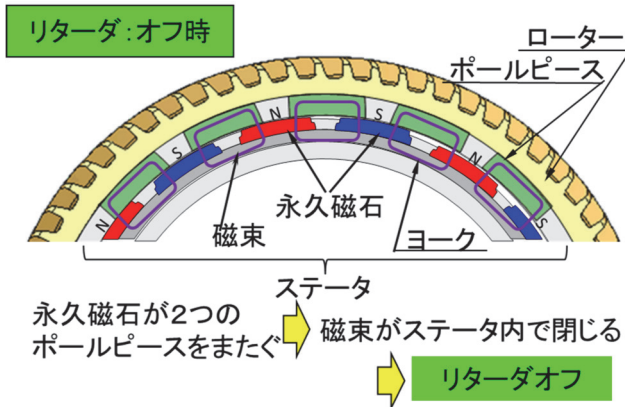
装置の概要（従来・新機種共通）

永久磁石式リターダは、車両のプロペラシャフトに連結されて回転するローターと、車両に固定され内部に永久磁石が配置されたステータで構成される（図1）。永久磁石の磁界内をローターが回転するとローターに渦電流が発生し、電流と磁界の相互作用により回転と反対方向にローレンツ力が生じ、これが制動力となる。ローターに電気伝導度の高い銅めっきを施すと渦電流量が増加し、制動力が向上する。

制動オン／オフ切替は磁石の移動で行う（図2）。オン時には永久磁石の磁束がポールピースを通してローターに到達し、制動力が発生する。



(a) オン時



(b) オフ時

図2 永久磁石式リターダの作動原理

一方、オフ時には磁束は隣接する磁石とポールピースで閉回路を構成してローターには到達しないため、制動力が発生しない。

磁石の円周方向への移動には空気圧を用いるため大電流は不要であり、エア配管等の簡易な改造で車両に搭載できる。また、ローターとステータは接触しないため、摩耗等は生じない。

技術上の特徴（新機種）

＜多極化による磁気回路の高効率化＞

磁気回路設計に際しては、オン時の制動力の最大化とオフ時の磁気漏れ抑制の両立が必要である。磁気漏れが発生すると微小な回転抵抗が生じるため、その抑制も必要である。

本開発では3次元電磁場解析を行い、最適な磁気回路を決定した。磁石極数を16極から32極に増加（図3、図4）することで、同じ磁石重量での制動力を最大で1.5倍に向上（従来機種比、以下同様）するとともに、ポールピース形状等の適正化でオフ時の磁気漏れを抑制した。この結果、装置あたりの永久磁石重量を最大で38%削減した。

この多極回路を実用化するため、新たな磁石固定方法を開発した。従来は磁石をヨーク（炭素鋼）に固定する際、磁石端部に加工を施しアルミ

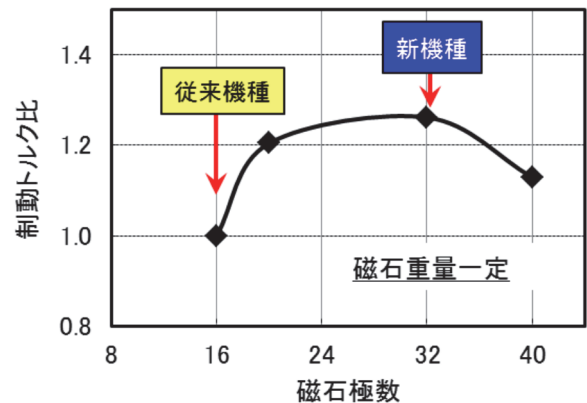


図3 磁石極数と制動トルクの関係（解析結果）

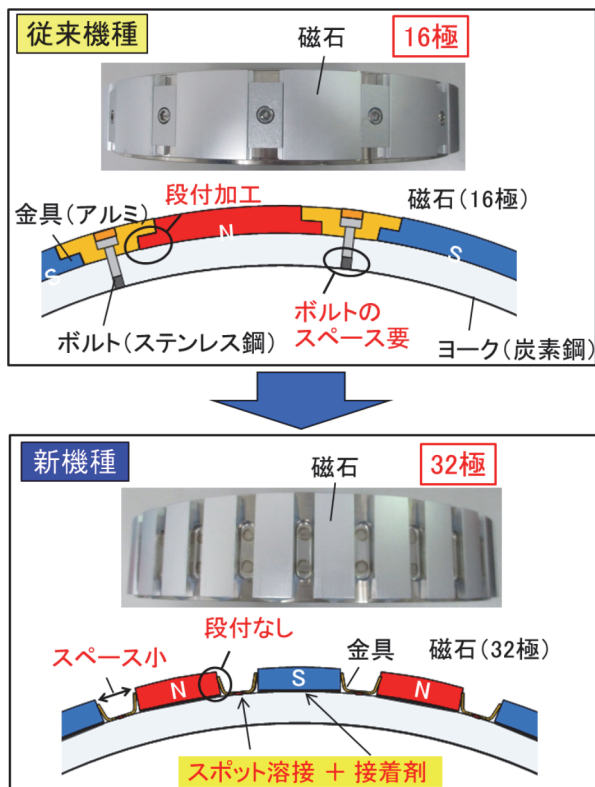


図4 従来機種と新機種の磁石形状と固定方法

製金具を介してボルトで固定していた。

これに対し新機種では非磁性のステンレス薄板で金具を作成し、これをヨークにスポット溶接している。ヨークには防錆 Ni めっきを施しており、厚肉ヨーク、Ni めっき、薄肉ステンレス金具の材質・厚さが大きく異なる3層のスポット溶接の技術を独自開発した。これにより、小スペースで多数の磁石を固定することが可能となり、さらに従来は人手で実施していた磁石固定工程を全自動化し、生産性向上にも成功した。

<簡易構造化、応答性の向上>

オン/オフ切替機構を簡易化した(図5)。従来は2本のエアシリンダで磁石を動かしており、シリンダ間をエア配管や電磁弁で連結していた。新機種では多極化により磁石移動量が半減したことを利用し、レバー機構で磁石を動かすことで必要駆動力を大幅に低減し、シリンダを1本のみにした。この結果、配管等が不要とな

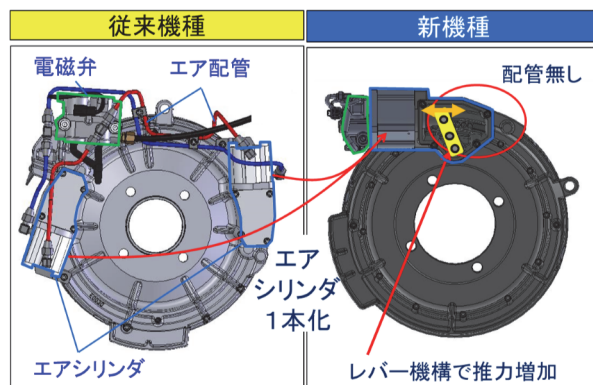


図5 磁石駆動エアシリンダとエア配管の比較

り、簡易構造化、軽量化、部品数削減に成功した。磁石を含む装置重量を最大で29%削減した。

また、配管やシリンダの削減によって、エア量が減り制動応答時間(発信から制動力発揮までの時間)が大幅に短縮し、制御性も向上した。

さらに、磁石位置をオン/オフの2位置ではなく、中間位置でも停止する機能を有する新たなシリンダを開発した。この結果、制動力を最大能力(High)の1段階だけではなく、低い制動力(Low)でも使用できるようにした。

<ラインアップの拡充>

従来は搭載車両の仕様に合わせ、機種毎に設計していた。これに対し、新機種ではモジュール設計を採用した。磁石を内蔵するステータは共通とし、2種類のエアシリンダ(1,2段階制御)、2種類のローター(標準型、高熱容量型)、3種類の銅めっき(なし、薄膜、厚膜)を組み合わせることで、全12種類の性能・機能を持った機種をラインナップ(図6)した。この中から搭載車両に応じた機種を選定することが可能となり、部品共通化率も大幅に向上した。

実用上の効果

<環境対応>

新機種ではネオジム系永久磁石の使用量を大



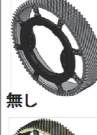


名称	モジュール				特徴				補足説明	
	ステータ		ローター		トルク (Nm)	トルク制御	持続時間	重量 (kg)		
	本体	シリンダ	リング	銅めっき						
NT60F		1段			Max. 650	1段	短	38	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダ：2段 →制動トルク制御：2段階 ・ローターリング：高熱容量 →温度上昇が遅く、制動力の持続時間が長い ・ローター銅めっき： →制動力は、めっきなし<薄膜<厚膜 	
-I						↓	43			
-II						↓	40			
-III		長	45							
NT75G		2段	標準		無し	Max. 730	1段	短		38
-I							↓	43		
-II							↓	40		
-III		長	45							
NT90G		2段	高熱容量		薄膜	Max. 850	1段	短		38
-I	↓						43			
-II	↓						40			
-III	長	45								
			厚膜	厚膜						

図6 モジュール化による多品種展開

幅に削減するなど、装置とその製造プロセスにおける環境負荷を低減した。さらに、装置の軽量化により車両の燃費の改善を通じて環境改善にも貢献している。

<製造・販売数>

永久磁石式リターダの初期型からの累計販売数は27万台を超えた。近年、社会的ニーズが高まり、それに応える技術開発を行った結果、販売数は増加しており、2016年度の新機種シリーズ化以降は年間2万台を超える高い水準となっており、クレーン車などにも搭載されている。

新機種では軽量・小型・高制動力化を実現し、モジュール設計により機種選択肢も拡大したため、新たな車両への搭載性が大幅に向上した。

知的財産権の状況

本開発品に関する特許登録は下記の通り。

① 日本国特許第 4604857 号

名称：渦電流式減速装置

概要：磁気回路適正化による高効率化

② 日本国特許第 5655875 号

名称：3位置動作型アクチュエータ及び永

久磁石式の渦電流式減速装置

概要：オンオフ切替機構の軽量・簡易構造化

③ 日本国特許第 5825428 号

国際公開番号 WO2013/147073

名称：渦電流式減速装置

概要：オンオフ切替時の作動所要力低減方法

その他、国内外に関連特許を多数出願・登録。

むすび

近年の社会的ニーズの高まりに応えるため、最新技術を結集して高効率・軽量型永久磁石式リターダを開発した。制動性能や車両への搭載性を大幅に向上したことに加え、製品による環境負荷も低減することができた。

このため、今後、国内海外での本装置の普及が加速され、交通安全性の向上やドライバーの運転負荷軽減という本装置による社会への貢献度がさらに増加することが期待できる。

永久磁石式リターダの世界唯一のメーカーとして、さらなる技術革新のために弛まぬ努力を重ね、飽くなき挑戦を続けて行きたい。