

黒崎播磨スライディングノズルの変遷

Transition of the Krosaki Harima Sliding Nozzle System

横井信行*

Nobuyuki YOKOI



1 はじめに

スライディングノズル (SN) 装置は、今や鉄鋼業界においては欠かすことの出来ない溶鋼流量制御装置として知られている。然しながら、初めてこのアイデアが世に知らしめられたのは、今から130年以上も前のことであった。更に、その実用化まで実に75年もの年月を要したのである。今や、本システムは、当黒崎播磨の基幹ビジネスの一つともなっており、更には1970年に当社第1号機を世に送り出してから今年で50周年を迎えようとしている (図1)。

本項では、SNの歴史の一端と我が社との関わり合い、更には今後の展望について述べたいと思う。

1 Introduction

Nowadays, the Sliding Nozzle/Slide Gate (SN) System is well known as an indispensable molten steel flow control system in the steel making process. The original idea was appeared almost 130 years ago and it takes a total of 75 years till to be used practically. This system, consists of mechanism and refractories, has been grown to be one of the Krosaki Harima's core business. Our first SN system has been launched out in 1970 and our SN business will mark the 50'th anniversary in the year of 2020 (Fig.1).

In this column, we would like to state the history of Sliding Nozzle, its relationship with our company and the future prospects.

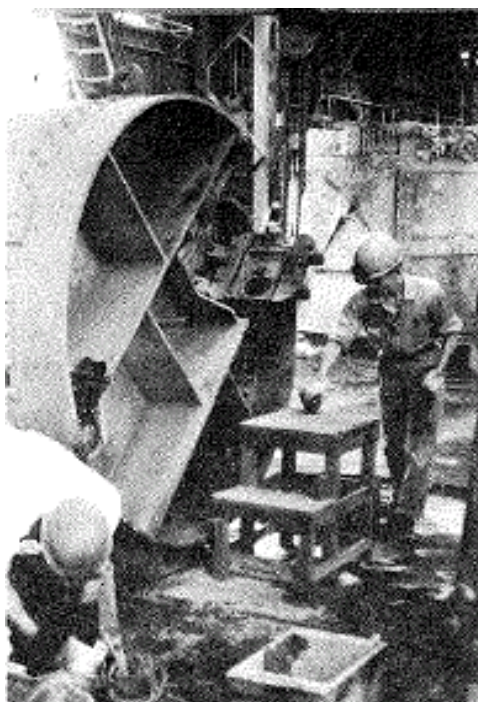


Fig. 1 1'st Krosaki SN at 1970.



Fig. 2 US Patent 311,902.

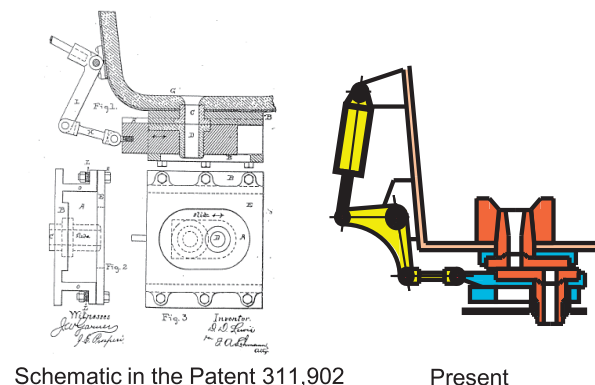


Fig. 3 Schematic in the Patent and that of present SN.

* エンジニアリング部 SNエンジニアリンググループグループ長
Group Manager, Engineering Department Slide Gate Engineering Group

2 SN 登場前夜

世界初の SN システム概念は、1885 年に出願された US 特許¹⁾ (David.D.Lewis 氏による)「STOPPER FOR LADLES」(図 2) によって世に知らされた。特筆すべきは、既に当時の特許に、現在の SN の概念・基本構成の殆どが、描かれていることである(図 3)。この特許は極めて画期的で、印象的に捕らえられたに違いないと想像する。然しながら、このアイデアは直ぐに実現することが出来なかった。当時、このアイデアに適う耐火物が、製造技術的にも、材料的にも世界に存在しなかったからであろうと推察する。この結果、これから実用化に至るまでには、長い歳月を費やすことになるのである。

3 実用化へ

初めて SN が実用化されたのは、1961 年、ドイツ国内の製鉄所であると言われている。以来、当時溶鋼流量制御の主流であったストッパー方式に替わって、多くの利点を持つ SN 方式が次第に普及することになった。ストッパーでは、頻繁に耐火物交換等のメンテナンスが必要になるのに対し、SN では耐火物本体の再使用が可能となるばかりか、メンテナンス時間の大幅短縮も実現、なにより安定した流量制御と安全性の向上が最大の理由であろう(図 4)。ほぼ同時期に、これらの優れた特質を備えた本システムの普及に一層の拍車をかけたのが、当時鉄鋼業界で急速に拡大していった連続 casting システムであることは言うまでもない(図 5)。

2 First idea

The first idea of sliding flow control system has been appeared on the US patent¹⁾ as a title of "STOPPER FOR LADLES" issued by David.D.Lewis in 1885 (Fig.2). It is very interesting that the main elements shown in the patent schematic diagram are identical to that of the present system (Fig.3). We suppose that this idea might be received as a quite epoch-making at that time. However, this idea was not realized. We guess that there had been no refractory suitable for this idea in terms of refractory manufacturing technology or material, consequently, it takes a long time before it is put into the practical use.

3 Implementation

It is said that the first place, where this SN system had been put into the practical use, was German Steel Maker in 1961. Since then, the SN had gradually become popular with many advantages over the stopper, which was mainstream of molten steel flow control at that time.

Operators had to change stopper refractories after every casting. On the other hand, all refractories used in the SN are available for multiple castings and the refractory changing time is much shorter. Above all, the stable molten steel flow control and safety are main reasons (Fig.4).

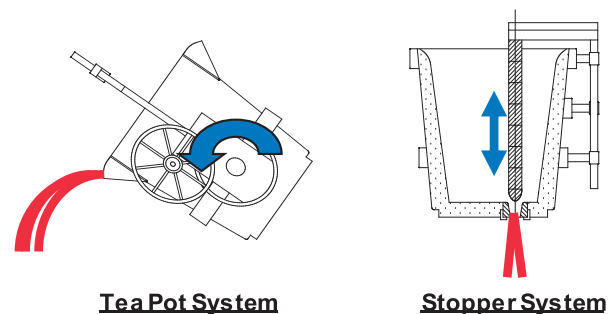


Fig. 4 Conventional System (1960'th).

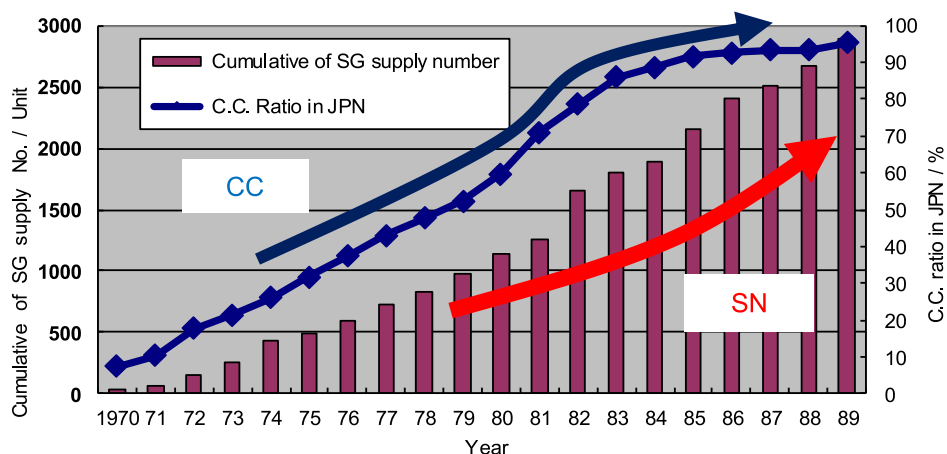


Fig. 5 SN Supply record and CC ratio in JPN.

4 我が社との関わり

1968 年（昭和 43 年）日本で始めて使用された SN は、西欧メーカー製であった。一方日本国内でも、日本製鉄（当時：八幡製鐵）にて、奇しくも、当社所在地の北九州は八幡の地で、SN の実用化テストが始まっており、これが初の国産 SN システムとなるのである。我社（当時：黒崎窯業）も耐火物供給メーカーとしていち早く共同開発に参画、開発完了と同時に当社と八幡製鐵間にて SN システムの製造販売契約が 1969 年 2 月に締結され、ここに、装置と耐火物を一手に引き受ける日本初の総合 SN メーカーが誕生する事になる。このビジネスモデルは黒崎の SN システムを拡販するに当たり、際立った存在となった。当時、SN システムは装置と耐火物は、異なった会社がそれぞれ製造販売を行っていたのが通例であったからである。契約締結後、黒崎は数名のエンジニアを数ヶ月に亘って製鋼工場に派遣し、技術の取得を初めとする様々なノウハウを蓄積。かくして契約締結から 1 年余りの 1970 年 3 月、当社独自の技術も投入された第 1 号機が日本特殊鋼（当時）で稼働を開始することになる（図 1）。

その後、多くの経験、実績によりノウハウを蓄積しつつ、当社の技術（装置・耐火物）も飛躍的に向上していった。2004 年からの事業協業を経た後、2006 年、当時国内では黒崎の最大の競合相手であった SN 装置サプライヤーの住友重機ハイマテックス（当時）SN 装置事業を、吸収合併。今や名実共に、日本最大（世界第三位）の SN サプライヤーとなって現在に至る。2019 年現在、その累計出荷台数は 10,000 基以上となっている（住重装置含む）（図 6）。

Around the same time, continuous casting process had been widely adopted in the steel making process and this might lead to accelerate the SN application due to its superior characteristics compared to that of the stopper system as mentioned above (Fig.5).

4 Relationship with our company

In Japan, the first SN system was introduced in 1968 by the European supplier. On the other hand, Nippon Steel Corporation, called Yawata Iron & Steel at that time, had already started the development of their own SN system, said pure domestic system firstly in Yawata of Japan, where our company head office is located. Krosaki Harima, called Kurosaki Yogyo at that time, participated soon into this development as a refractory supplier. Then, in Feb. 1969, the sales and manufacturing agreement of the entire SN system was concluded between both companies. Thus Krosaki Harima began to supply the SN mechanism and refractories as a package. Krosaki Harima's supplying manner has been proven quite effective for sales promotion of the SN system in the global market, in which mechanism sales and refractory sales had been usually promoted by different companies at that time. This new supplying manner has been one of the advantage of Krosaki Harima SN business and this manner may boost up our company as a successful SN supplier. After conclusion of the above agreement, we dispatched several engineers to the Yawata Steel works to learn the technology of the SN for a few months, then we have started the development of our own SN system. Then, our first SN has been put into actual service at Nippon Special Steel in Mar., 1970 (Fig.1).

After that, much experiences and technical know-how have been accumulated through the actual projects, Krosaki Harima SN technology has been grown up rapidly. In 2006, we have acquired the SN mechanism

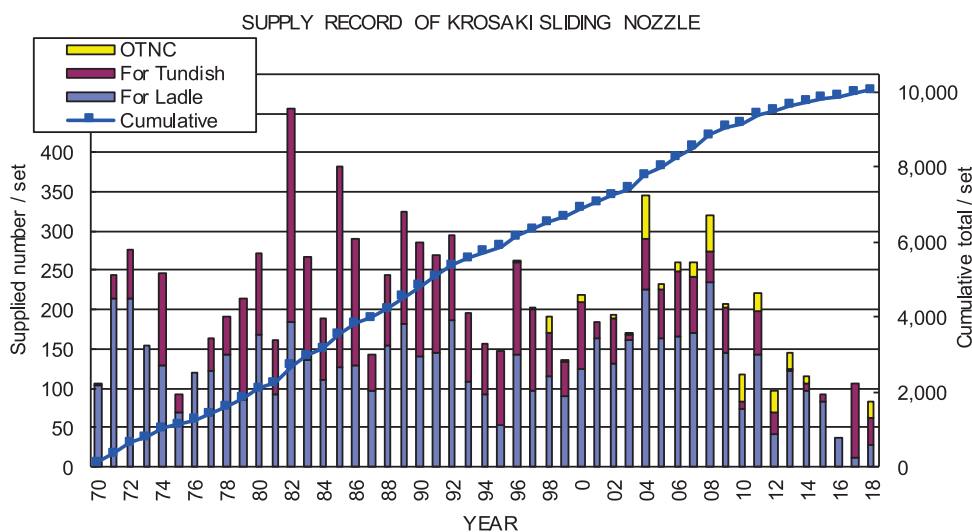


Fig. 6 Krosaki SN Supply record including Sumitomo.

5 改善・開発

これまで様々な改善・開発を続けてきたが、その基本要素は1885年のそれと殆ど変わらない。これまで続けてきたのは、安全性は勿論維持或は向上する中で、所謂、よりユーザーフレンドリーなSNシステムを目指してきた。その結果、様々なモデル、YP, YPH, YPNなどを開発・市場に投入。加えて、1994年には、更なる省力化、即ちノーツール化によるセミオートマチック化をコンセプトにしたFFシリーズモデルが誕生。駆動シリンダの推力を面圧負荷用バネの圧縮力に変換するトグルフラップ機構、SN金枠へのプレートセットでボルト作業を一掃しワンタッチ化を実現したQFP(Quick Fit-in Plate)機構の採用がこれらを可能にした(図7)。その後、このFFシリーズに続き、同じコンセプトの下、ALシリーズ、EHSシリーズなどのモデルを開発、より省力化・安全性向上に寄与したとして、顧客より高い評価を受けている(図8)。

6 新技術と将来展望

現在、最も新しいモデルとして、2010年に開発・実用化されたRシリーズ(Robust: 堅牢, Reliable: 信頼, Rational: 合理的)がある。このモデルでは、耐

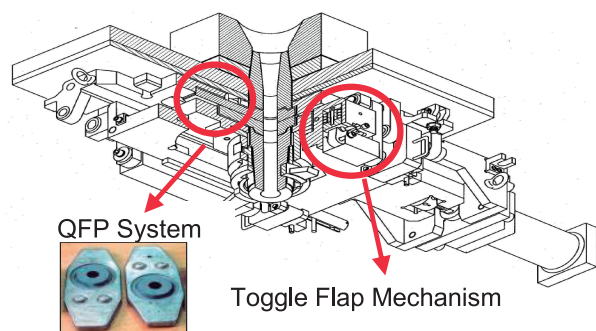


Fig. 7 "FF" Series Model.

business of Sumitomo Heavy Industries Himatex, who had been our competitor at that time, after realizing joint business between both companies in 2004. Nowadays, we, Krosaki Harima has been grown up the biggest SN system supplier in Japan, also the 3rd supplier in the world. The cumulative supplied quantity of SN mechanism has been over 10,000 units, including Sumitomo, as of 2019 (Fig.6).

5 Improvements & Developments

We have continued various developments and improvements so far, however, its basic elements are almost the same as those of the original idea.

We have been aiming for the more user friendly SN system in order to meet and satisfy customer's requirements while maintaining or improving the safety. As a result, various SN models, such as YP, YPH, YPN and so on, have been developed and put into service till now. In 1994, the FF model has been developed under the concept of the workload reduction i.e. tool free by the semi-automation, in which, newly developed mechanism had been incorporated, one is toggle flap, which converts the thrust force of actuator to the force to compress coil springs, and the other is Quick Fit-in Plate (QFP), with which, plate can be fixed in the frame by the single push in action, consequently, all tools used for these operations had been eliminated (Fig.7). Following the FF model, AL and EHS have been developed under the same concept and received favorable reputations from customers by contributing the labor savings and improvement on the safety performance (Fig.8).

6 New Technology and the future prospects

The newest model is the R (represents Robust, Reliable, and Rational) developed in 2010. In this model, "Tear drop shape" has been applied for the plate brick design by FEM. all mechanism and structure have been simplified and downsized. Consequentially, operator friendliness and safety of the system have been improved by these new designs (Fig.9).

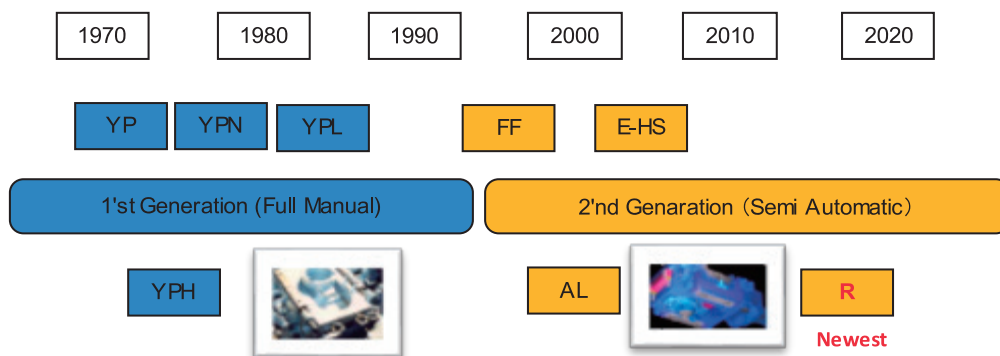


Fig. 8 Transition of Krosaki main SN model.

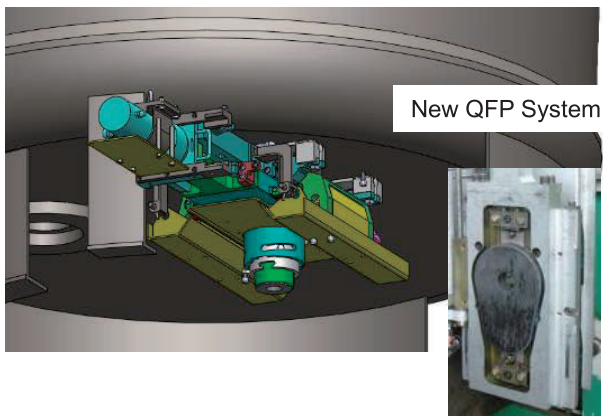


Fig. 9 "R" Series Model (Newest).

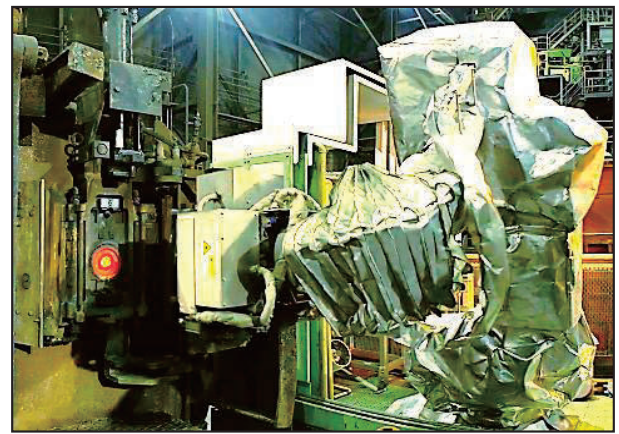


Fig. 10 Field Trial REX-ROBO.

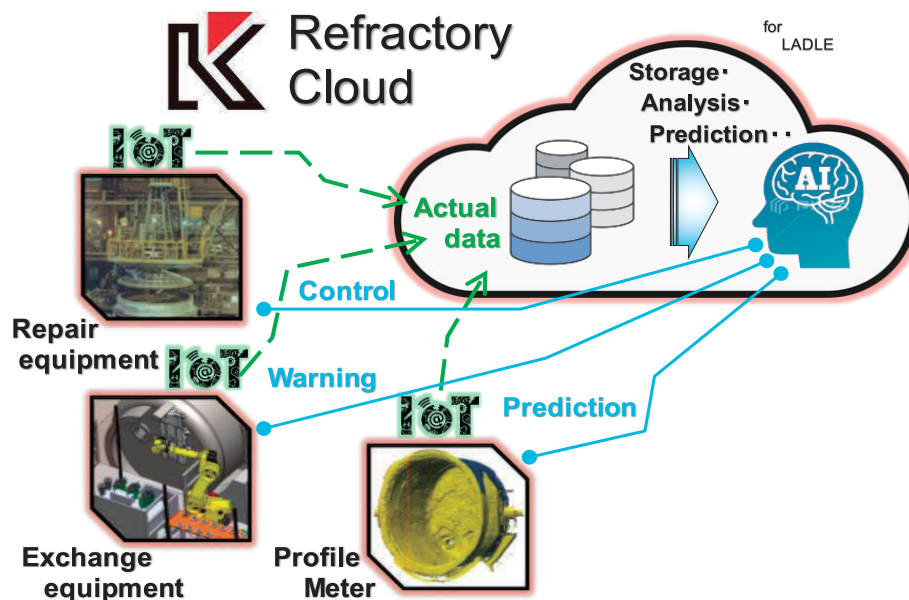


Fig. 11 Conception of Krosaki Refractory Cloud

火物形状として FEM 解析をベースにした“涙滴形状”を採用，さらに進化した new QFP 機構に加え，シンプル，小型化を実現することにより，より一層の使いやすさと安全性向上に貢献している (図 9)。

さらには，個々のオペレーターの個人差を解消する為，汎用ロボットと R モデルとの協調による自動化の可能性に着目。既に，国内電炉顧客の協力の下，2018 年初頭より実用化テストに着手，現在順調に継続中である。(REX-ROBO : Refractory Exchange Robot system combined with slide gate) (図 10)。

近い将来，画像処理技術，AI，IOT などと本システムを組み合わせ，耐火物を含めた SN 総合判定技

We thought that the general purpose robot can operate the R model due to its superior operator friendliness and could eliminate the individual differences among operators. We have already started the actual field trial with the cooperation of the mini mill in Japan since the beginning of 2018 and the trial is ongoing. (REX-ROBO : Refractory Exchange Robot system combined with slide gate) (Fig.10).

In near future, new technologies such as image processing technology, AI, IOT, and etc. could be incorporated in this system and enable to judge refractory service life, monitor the entire SN system, and avoid any break out incidents and resulting in realizing our mission statements “Provide the No.1 value to customers worldwide” in our SN system (Fig.11).

術を駆使することにより、あらゆるトラブルを未然に防ぐ、即ち、我が社のミッションステートメントである「世界一の顧客価値の実現」の達成を、この黒崎播磨のSNシステムで実現したい(図 11)。

参考文献

- 1) US PAT. 311, 902 (1885)

図5 転載許可は普通鋼電炉工業会より受領

References

- 1) US PAT. 311, 902 (1885)