

# 日本技術士会 中部本部 岐阜県支部

## 平成30年度1月講演会メモ

日時：平成30年1月6日（土） 13:00～17:00

場所：岐阜大学サテライト・キャンパス（岐阜市吉野町6-31 岐阜スカイウイング37）

後援：岐阜大学工学部、岐阜工業高等専門学校

出席者：支部員28名、他支部員5名、一般2名、講演講師1名 計36名

司会：中平 真一

### 渡邊中部本部長 挨拶

- ・技術士制度の見直しが文科省で始まった。
- ・与党技術士連盟が設立されて技術士制度の大きな支えに
- ・中部本部で「よろず科学技術相談所」が立ち上がった。

### 安田支部長 挨拶

- ・11月講演会のアンケート結果は、全体で「よかった」が62%、「まあよかった」が38%。会員講演は「よかった」が59%、「まあよかった」が41%。招待講演は「よかった」が88%、「まあよかった」が12%。
- ・第47回日韓技術士国際会議が9月下旬に釜山で開催された。今年は10月中旬に神戸市で開催される。
- ・数年前に中断した会員の会報を再開することに幹事会で決まった。近々に高木・広報委員から各支部会員宛てに執筆の依頼があるので、よろしく。内容は自由。これまでの会報はホームページに掲載されている。

### 初参加の会員紹介

- ・中山裕敏 氏（金属部門） 中山裕敏技術士事務所
- ・長坂弘樹 氏（航空宇宙部門、準会員） 中菱エンジニアリング(株)
- ・小林理恵 氏（環境部門、準会員） イビデン・エンジニアリング(株)

### 会員講演

演題：「組立自動ラインの生産設計での点」

講師：三菱電機(株) 名古屋製作所 生産システム推進部 生産技術第三課 主務

熊澤 貴弘 氏 技術士（経営工学部門）

講師紹介：2009年4月、三菱電機株式会社・名古屋製作所に入社。入社以来、自動製造ラインの導入を中心に生産技術業務に従事。

講演概要：高稼働率、省スペース自動ライン構築のために、①自動化のための工程設計 ②作業者の作業設計 を中心に自動化ライン導入のための生産設計を実施した。これを通して解決した課題や工夫点、得られた知見について紹介する。

講演内容：

- 自己紹介：入社後、名古屋製作所の分工場である可児工場において電磁開閉器の生産技術、特に自動ラインの導入を担当。昨年、名古屋製作所に異動して電磁開閉器とともにロボットの生産技術を主に担当。
- 可児工場の概要：1979年、岐阜県で2番目に大きい工業団地である可児工業団地内に設立。第1工場では電磁開閉器を、2007年に拡張された第2工場では主にレーザー加工機や放電加工機の部品を組立。
- 電磁開閉器とは：スイッチの機能を持つ「電磁接触器」と、過電流から保護するブレーカーの機能を持つ「サーマル・リレー」から構成される。外側のケース類は樹脂製、内部の稼働鉄心や固定鉄心などは金属製。
- 新自動ライン設置の背景：電磁開閉器の新製品（Tシリーズ）開発に合わせて新自動製造ラインも並行して開発。設計部門と生産技術部門ですり合わせしながら、生産性向上のために製品の生産性設計を実施して、従来の自動製造ラインよりも効率的なラインを目指した。しかし、旧製品と並行生産するために利用できる床面積が限られて設備面積を縮小する必要があった。



- 従来の自動ライン：35m+8m+35mの「コの字型」ライン。製品は「手のひら」サイズ、部品点数20点ほどで組立工程が約50工程。パーツフィーダーやパレットストッカーなどで部品を自動整列して全自動組立。作業者は、完成品の外観検査と箱への格納に1名、自動ライン停止の復旧と部品補充に2名の計3名が必要。
- 従来の自動ラインの課題：①設備停止による稼働率低下 ②パーツフィーダーなどで大きな設備面積が必要 ③多品種生産対応の部品交換に約30分もかかって稼働率低下。実際の稼働率を把握するためにワークサンプリングを実施した。このデータに基づいて新自動ラインの目標稼働率を設定。
- 新自動ラインのコンセプト：少品種・大量生産には汎用性は低い装置による「自動ライン」が適し、多品種・少量生産には汎用性は高い人による「セル生産」が適している。両者のメリットを生かし、デメリットを克服するために、人と装置が融合した「自動化セル」によるフレキシブルな生産ラインをコンセプトにした。
- 新自動ラインの投資形態：タクトタイムの試算、段取りと設備停止時間の想定に基づいて経過年数ごとの総金額（初期投資+人件費）から投資形態を検討して、最初から自動ラインに一括投資するよりも複数ラインにして段階投資することに決定。一括投資の自動ラインでは数秒のサイクルタイムに対して、複数ラインではサイクルタイムが3倍になるが、製品寿命などのリスクを考慮して複数ラインに。
- 新自動ラインの稼働率向上の検討：従来の自動ラインの設備停止をパレート図によって分析し原因別に対策案を検討。更に、ECRS(eliminate 排除、combine 連結、rearrange 変更、simplify 簡素化)原則の観点から、設計部門と協議して設備停止要因の部品削除（工程排除）や部品変更・形状変更（工程変更）を実施。つまり、まずは製品から工夫し、製品が変更できない場合は設備で工夫した。例えば、バネ部品組立とバネ荷重の検査は、別工程だったものをロボットと力覚センサーを融合して1工程に集約（工程連結）。
- 新自動ラインの設備面積縮小の検討：パーツフィーダーとパレットストッカーを省いて、「人」による供給に変更。部品箱を多段積みにして省スペース化し、部品供給者の作業性のため部品投入点を外側からにした。結果として設備面積は9m×5mとなり、従来自動ラインの16%に縮小した。
- 新自動ラインの段取り替えロス削減の検討：パーツフィーダーを省いて「人」による部品供給にすることによって、設備面積と投資は抑制できるが「人」による作業が大幅増加して人員増になる。しかし、これは設備レイアウトの工夫で解決できた。つまり、作業者の周囲に作業点を集中するとともに作業者の動作を最低限化できるように多数のレイアウトを試行錯誤で検討した。結果として設備に常時いる作業者は1名になった。
- 新自動ラインのFMEA(Failure Mode Effect Analysis)検証：ラインの構成が決まった段階でFMEAを実施して不具合の未然防止を行った。
- 新自動ラインのIoT：設備停止時間や回数を自動収集してパレート図化して設備改善に活用。また試験結果や組立時の諸データを自動収集して工程改善に活用。
- 新自動ラインの効果：サイクルタイム（秒/台・ライン）は3倍（10秒以内のオーダー）になったが、稼働率は30%向上、面積生産性（台/m<sup>2</sup>）は2.7倍に向上した。
- 新自動ラインの今後の改善項目：供給する部品箱の中の部品個数をサイクルタイムの倍数にすると部品供給箱数が一定になって標準作業化できる。また、将来は「人」による部品供給を自動化したい。

#### Q&A

Q：設計部門は生産技術部門の要求をよく聞き入れてくれるのか？

A：基本的に聞き入れてくれないが、コストダウンなどの数字を具体的に示して協力を得られた。

Q：電磁開閉器の新製品と旧製品の互換性は？

A：新製品は同機能だが小型化しているので外形の互換性はない。旧製品と並行生産して徐々に切り替え。

Q：手組作業と比較した投資利益率法の試算は何ケースほど行ったのか？

A：5～6ケースで、非常に手間がかかった。

Q：パーツフィーダーを効果的に使うことができなかったのか？

A：実は新自動ラインでも同じ部品を繰り返し使う場所にはパーツフィーダーを使っている。

#### 来賓講演

**演題：「水素社会に向けた水素供給インフラの進展」**

**講師：川崎重工業(株) 技術開発本部 水素技術開発センター 技術開発部 上級研究員**

神谷 祥二 氏 工学博士 技術士（機械部門）

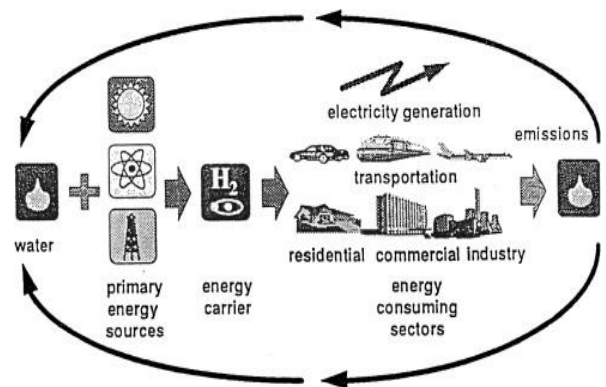
**講師紹介：**1976年、名古屋工業大学・大学院工学研究科・機械工学・修士課程卒業。1976年、川崎重工業(株)入社。1983～1986年、日本原子力研究所、米国オークリッジ研究所出向。1990年以降、NEDO プロ「WE-NET」（水素利用国際クリーンエネルギーシステム研究開発）等の国プロに参画し、水素エネルギー技術の開発に従事。2001年、工学博士（神戸商船大学、現神戸大学）。2006年、技術士（機械部門）。

**講演概要：**近年、水素エネルギーへの期待が高まる中で、2014年の経済産業省「エネルギー基本計画」の中で「水素社会」実現への着実な取り組みが明記された。燃料電池自動車から水素発電等の利用系に拡大すると、大量の水素が社会に導入される。水素エネルギーのキャリアの一つであるLH2（液体水素）は、大量水素の輸送貯蔵に適している。本講演では、LH2技術の開発の歴史、水素インフラの現状、及び将来のCO2フリー水素エネルギー・システム（水素源→水素液化→輸送・貯蔵→利用系）について紹介する。



**講演内容：**

- はじめに：日本では2014年のエネルギー基本計画で初めて水素がエネルギーとして認められた。私自身は1978年頃から世界中の水素仲間と交流しているが、最近水素がビジネスになりつつあるので競争相手になってきた。将来の水素社会到来についてまだ論議があるが、福島原発事故以後はエネルギー選択肢の一つとして水素社会を推進するのが政府の方針。
- 水素エネルギー社会は1874年に仏のSF作家ジュール・ベルヌが「神秘島物語」で次のように予言、「水は未来の石炭になるだろう」と。その100年後の1973年に「国際水素エネルギー協会」が、日本には「水素エネルギー協会」が創立された。
- 右図は国際水素エネルギー協会が描く水素社会。システムの流れは、①一次エネルギーから水素を製造 ②水素の輸送・貯蔵 ③水素エネルギー利用 から構成される循環型システム。特徴は、①環境負荷が小さい ②二次エネルギーで高い可逆性 ③水素と電力の強い補完関係 ④多様な水素源と利用系 ⑤正しく管理すれば安全。化石燃料ベースの低コスト化に向けた取り組みと、水素エネルギー・システム全体のCO2排出削減が今後の課題。
- 現在の日本の水素需要は年間183億Nm<sup>3</sup>で、その98%が石油精製用やアンモニア用の工業用途。将来の年間水素需要量は、CO2削減を前提に自動車や発電などエネルギーとしての水素需要に基づいた「エネルギー総合工学研究所」の試算によれば2030年に250億Nm<sup>3</sup>、2050年に3,500億Nm<sup>3</sup>に増加。
- 福島原発事故を契機に2014年4月に閣議決定された日本のエネルギー基本計画では、3E（エネルギー安全保障＋経済性＋環境適合性）＋S（安全性）をエネルギー政策の基本的視点にして、水素社会の実現に向けた取り組みが加速された。
- そして同年6月に水素・燃料電池戦略ロードマップが策定された。現在の水素利用は工業用途と宇宙ロケット燃料などに限られているが、燃料電池自動車や家庭用燃料電池は実用化段階。ドイツは既に燃料電池の潜水艦を実用化。ロシアは航空燃料に液体水素を混合して飛行実験。将来は自動車・船舶・鉄道・航空機などあらゆる輸送機への燃料電池や水素燃料の適用、水素発電、産業用燃料電池などが加わる。
- 水素・燃料電池戦略ロードマップは2016年3月に改定された。フェーズ1は水素利用の飛躍的拡大（燃料電池の社会への本格的実装）を謳って、2020年に燃料電池自動車4万台と水素ステーション160カ所、2030年に燃料電池自動車80万台を目標に。フェーズ2は水素発電の本格と大規模水素供給システムの確立を謳って、2020年代後半に海外からの水素価格30円/Nm<sup>3</sup>、2030年に海外からの未利用エネ由来水素の製造・輸送・貯蔵の本格化と発電事業用水素発電の本格導入が目標。フェーズ3は2040年頃にCO2フリー水素の製造・輸送・貯蔵の本格化を目標。昨年12月に政府が発表した水素基本戦略は、東京



- オリンピックの2020年に燃料電池バス100台、燃料電池車4万台、水素ステーション160カ所と明記。
- 水素の輸送・貯蔵方法には、①高圧ガス水素 ②液体水素 ③メチルシクロヘキサンなどの有機ハイドライド ④パイプライン ⑤アンモニア ⑥メタノール ⑦水素吸蔵合金 などが考えられているが、現在の日本の水素ステーションで実用化されているのは高圧ガス水素と液体水素方式のみ。大容量になると液体水素、アンモニア、有機ハイドライドのどれかになりそう。
  - 2011年に自動車メーカー3社とエネルギー供給企業13社で策定された燃料電池車と水素ステーション普及のシナリオに依れば、2015年に燃料電池車の販売と水素ステーション100カ所が目標。実際には燃料電池車を販売したのはトヨタ、ホンダのみで、水素ステーションの設置も遅れている。
  - 燃料電池車用の水素ステーションは、水素製造装置を持つ「オンサイト水素ステーション」と、水素製造所から高圧水素か液体水素をトレーラーで運搬する「オフサイト水素ステーション」の2種類がある。現在、実証が終わって商用化の段階だが課題はコストと需要で、事業として成立するのが難しい。コストについては安全を担保しながら規制緩和することが課題。現在の水素ステーションでの水素価格は、約1000円/kg(90円/Nm<sup>3</sup>)で高価な上、水素ステーションも赤字。欧州では規制が厳しくなく水素ステーションの設備費用が日本に比べて安い。
  - 高圧水素輸送用トレーラーは、複合容器の車載実証と各種法令への適合を目的に川崎重工が開発。最新の商用モデルは圧力45MPa(約440気圧)のCFRP製高圧水素ボンベ(容積300L)を34本搭載して水素積載量が約300kg。トレーラー衝突時の安全性を考慮。
  - 液体水素輸送コンテナの最新のは川崎重工が40フィート型(水素充填量40m<sup>3</sup>)を開発して岩谷産業へ納入。液体水素は-253度で-162度のLNGに比べて蒸発し易いため、低温脆性破壊しないステンレス鋼を使用した積層真空断熱方式で断熱性を強化。
  - パイプラインは、欧州には既に水素用と天然ガス用のものが、米には天然ガス用のものがある。天然ガスに水素を20~50%混入して既設の天然ガス用パイプラインを活用することが計画されている。日本にも水素パイプラインが僅かにあるが天然ガスを混入する計画はない。
  - 1993年から2002年にかけて、水素利用国際クリーンエネルギー(WE-NET, World Energy Network)の下で水素社会を目指す様々な研究開発が行われたが、一旦、縮小されてエンジニアが散逸。現在はまたエンジニアが戻ってきている。
  - 数年前に川崎重工が提案した「CO<sub>2</sub>フリー水素チェーンのコンセプト」では、豪州で未利用資源の褐炭や豊富な再生可能エネルギーから水素を製造し液化して、日本に輸送して貯蔵。日本国内で発電や燃料電池車などに利用。褐炭からの水素製造で発生するCO<sub>2</sub>はCCS処理でゼロにする。海上LH<sub>2</sub>輸送に関して日豪の合意も得られた。この中で他企業と協力して川崎重工の技術を展開できるビジネスチャンスを活用している。具体的には2020年に液化水素運搬船を実証運航して揚荷・積荷試験するためにHySTRA(技術研究組合CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーン推進構想)が川崎重工を主幹事会社に4社で設立されたが、この中にメジャーのシェルが入っていることから国際的に認められたプロジェクトになった。受け入れ基地は神戸のポートアイランドに設置される。液化天然ガス(LNG)の場合、最初の構想から実際の導入まで16年をかけて関連技術開発や法整備が成された。エネルギー改革には時間がかかる。
  - 化石燃料の熱量等価水素価格(燃料価格×水素高位発熱量)は、石炭5.2円/Nm<sup>3</sup>、LPG20.1円/Nm<sup>3</sup>、天然ガス16.7円/Nm<sup>3</sup>。これに対してCO<sub>2</sub>フリーの水素は目標価格(CIF価格)の30円/Nm<sup>3</sup>まで下げねばならない。現在の水素ステーションでの価格は90円/Nm<sup>3</sup>だから相当な努力が必要。
  - 種子島のH<sub>2</sub>ロケット打ち上げ基地には、現在540m<sup>3</sup>の液体水素貯蔵タンクが3基設置されているが、これらが完成するまでには最初の小さなタンクの試作開発から約10年かかった。このような設備は更新がないので技術伝承が難しい。
  - 水素安全システムの構築には、利害関係のない第3者機関で協議する必要がある。安全技術開発に基づいた国際安全コードと安全管理システムが策定され、それが社会に受け入れられねばならない。また、この過程で日本の立場を盛り込むように主導性を発揮する必要がある。

#### Q&A

Q：水素高圧タンクに透過はないのか？

A：CFRP製タンクの内側に透過防止用の金属製かプラスチック製のライナーを貼っている。プラスチック系の場合、タンク外表明からジワリと漏れるような拡散的な透過が起こるが着火の危険性はない。

**懇親会** 17:20～19:20 於 「HANAZAWA 酒店」 岐阜市住田町1-31 松野ビル1階  
参加者：来賓講演の神谷講師を含めて計21名

**次回の講演会** (午前は同場所で幹事会)

3月10日(土) 13:30 於 岐阜大学サテライト・キャンパス

会員講演：豊田 崇文 氏 (環境部門) 財団法人・岐阜県公衆衛生検査センター

「環境と経済を対立から合意形成へ ～ファンリテーターの視点から見えるもの～」

来賓講演：多田 昌司 氏 (有)那由多(なゆた)デザインオフィス 一級建築士

「構造から見た建築」

以上 田島 記