

中国電力島根原子力発電所見学会参加報告

角谷 篤志

1. はじめに

今年度は、地域エネルギーのベストミックスを検討する中でベースとなる原子力を調査すべく、公益社団法人 日本技術士会 中国本部が主催する島根原子力発電所の見学会に参加する機会があったので、この見学会について報告する。



中国電力パンフレット（以下、中電パンフ）より

2. 「中国電力島根原子力発電所」見学会の概要

日時：令和元年9月20日（金）11時～15時

場所：中国電力 島根原子力発電所（島根県 松江市鹿島町）

概要：島根原子力発電所構内に新たに設置した改良型沸騰水型軽水炉3号機は2006年10月から新設工事を実施し、2018年8月10日原子力規制委員会に原子炉設置変更許可申請を行った。

同プラントは、従来の沸騰水型軽水炉に比べて、多くの改良が加えられ安全性も向上している。また、福島第一原子力発電所での甚大な被害の踏まえ、島根原子力発電所全体の追加安全対策も実施されている。

このたびの見学では、運転開始前だからこそ見学可能な3号機に加え、全体の安全対策等についても見学する。

見学箇所：

(1) 見学施設

・島根原子力館

(2) 島根原子力3号機

・タービン、発電機、中央制御室、圧力抑制プール、原子炉格納容器 等

(3) 安全対策設備

・免震重要棟、緊急時対策所、防波壁、非常用電源（ガスタービン発電機）
高圧発電機車、冷却水貯水槽、放水砲、外部電源供給設備 等

(4) 訓練施設

・シミュレータ棟

（以上、見学会案内より抜粋）

3. 各施設の概要

3. 1. 島根原子力館

島根原子力発電所3号機を見学する前に、「島根原子力館」で模型や映像、パネル展示などで島根原子力発電所の仕組みや電気エネルギーの大切さについて原子力館スタッフ、及び、島根原子力発電所所長による分かりやすい解説が行われた。



島根原子力館（中電パンフより）



原子力館スタッフによる説明



建物に使用されているD51鉄筋

「原子力発電コーナー」では、島根2号機の原子炉実物大模型を前にして、所長により原子炉の起動・核分裂の連鎖反応・水蒸気の発生といった発電の過程の詳細な解説があり、この後で現地を視察する3号機は型式が異なるものの、原子炉のイメージを体感的につかむことができた。



2号機の実物大模型



燃料ペレット（ $\phi 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ）

写真の様に、わずか $\phi 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ の燃料ペレット1個で、一般家庭の8か月分の電気を賄う事が出来るとのことである。

3. 2. 島根原子力発電所の概要

概要説明の後に、島根原子力発電所3号機の構内見学を行った。発電所構内は核物質防護上の観点から撮影禁止となっており原子炉等の写真が撮れなかった。使用している写真は、中国電力HP、および、電気事業連合会HP等に記載されている写真を転用させて頂いている。

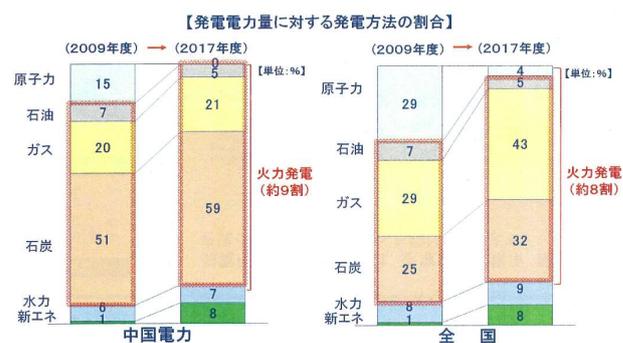


島根原子力発電所 1号機（手前右側）、2号機（手前左側）、3号機（奥側）
（中電パンフより）

島根原子力発電所3号機の構内見学する前に、原子力発電、および、島根原子力発電所について島根原子力発電所所長による概要説明が行われた。



島根原子力発電所所長による概要説明



発電方法の割合
中国電力資料（以下、中電資料）より

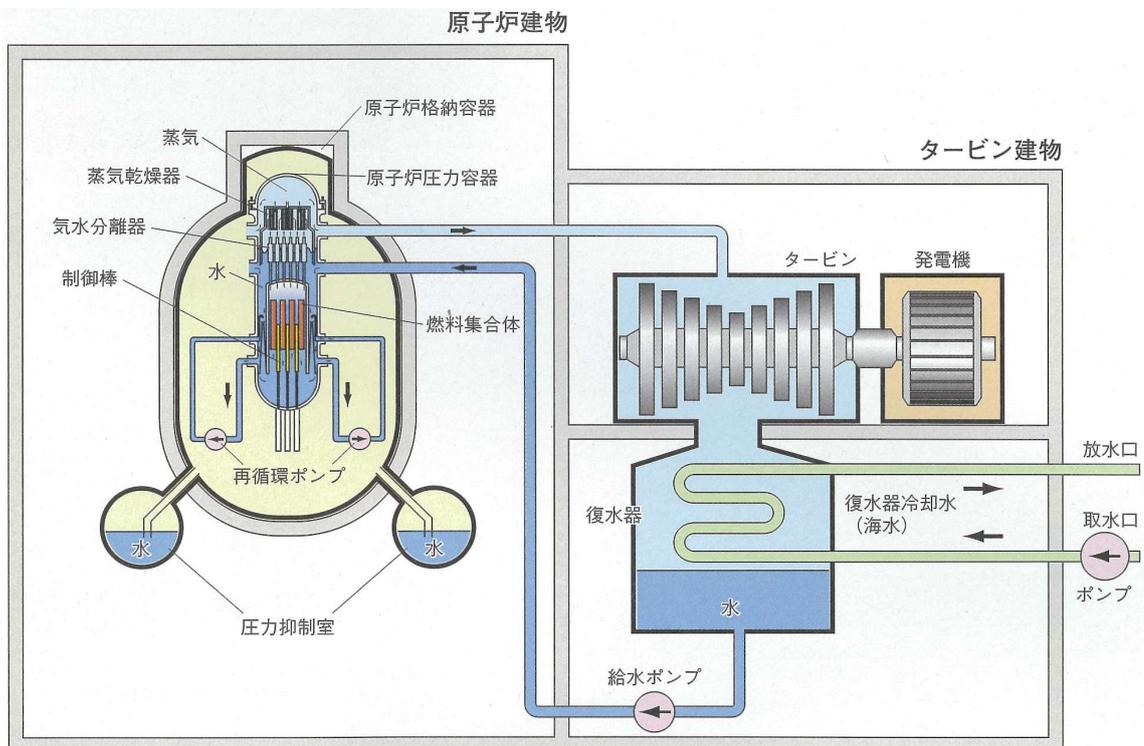
原子力発電所の停止に伴い、全国で使用される電力の約8割を火力発電所で担っており、中国電力では、石炭を燃料とする三隅発電所（島根県浜田市三隅町）等の火力発電の割合が約9割にもものぼることが特徴となっている。

また、全国で唯一、県庁が10km圏内に立地しており、原子力防災上発電所から30km圏内にある2県6市「島根県、松江市、出雲市、安来市、雲南市」「鳥取県、米子市、境港市」と安全協定^{※注}を結んで、理解を得ながら計画を進めている。

安全協定^{※注}：地元の自治体として住民の立場で原子力施設の安全を確認する必要があり、原子力施設のある所在市町村ならびに隣接市町村と事業者とが結んだ安全に関する協定。

3. 2. 1. 島根原子力発電の概要

原子力発電所の発電原理は、火力発電所と同じであり、石炭が核物質に替わり、発生した熱を蒸気に変え、タービンを回して発電している。

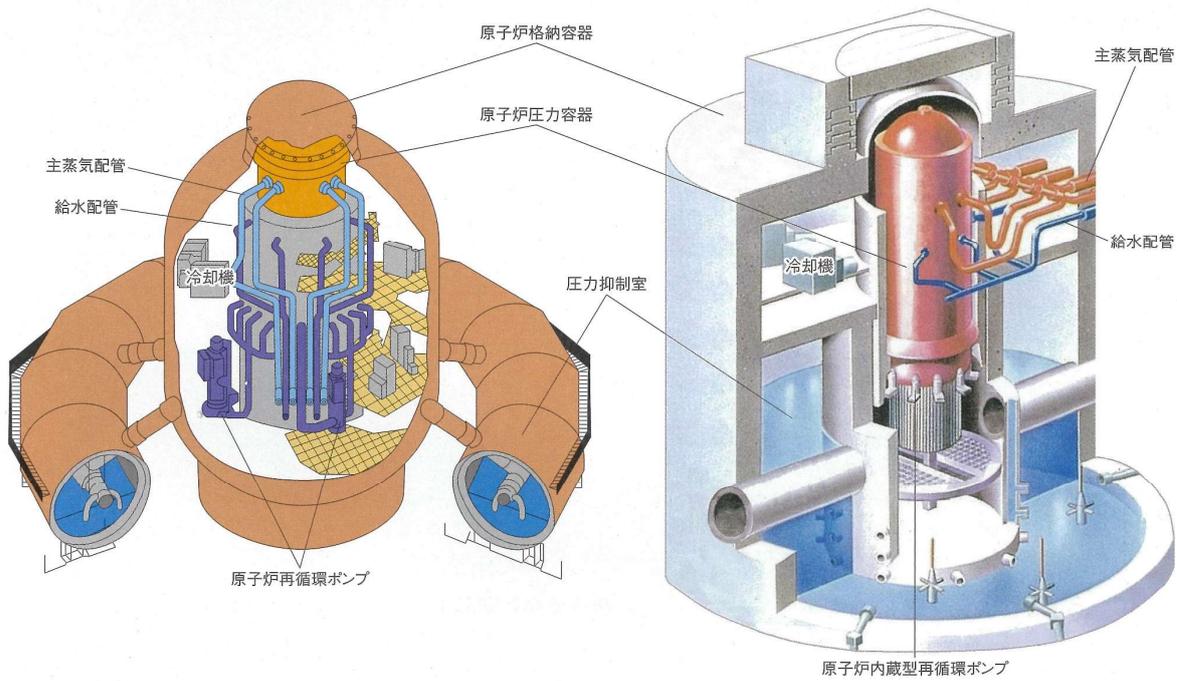


沸騰水型原子力発電所の仕組み（中電パンフより）

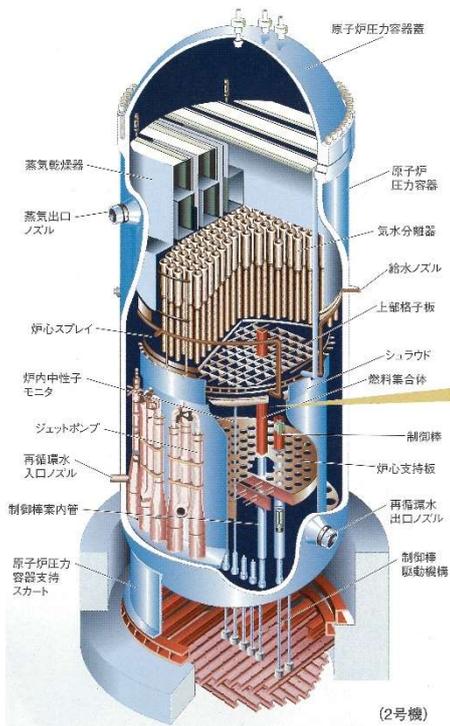
効率は1/3（33%）であり、三隅火力発電所の効率43%に比べると原子力の効率は低い。残り2/3は海に熱交換により温排水として放出しており、海水温度差は入口と出口で7℃以下に管理されている。

火力発電では燃焼を止めれば発電も止まるが、原子力発電では原子炉を止めても崩壊熱を発生し続けているので、原子燃料を冷やす作業が必要になる。崩壊熱は、停止1日後は1%、1か月後は0.1%になる。

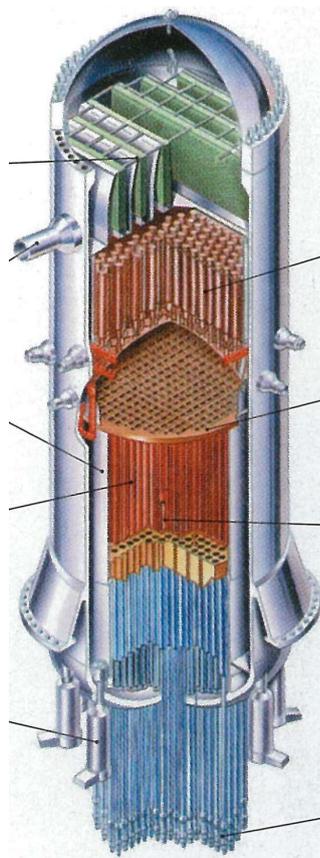
これを3号機の電気出力に当てはめると、停止1日後には4500kW、1か月後には450kWにもなる。4500kWは昨年視察した隠岐1島分の発電量（島前の西ノ島町ハイブリッド蓄電池システムのNAS電池4200kW）に相当する。



2号機 3号機
 島根原子力発電所 2号機と3号機 (中電パンフより)
 (2号機の実物大模型は、前頁の写真を参照)



原子炉压力容器 2号機
 (中電パンフより)

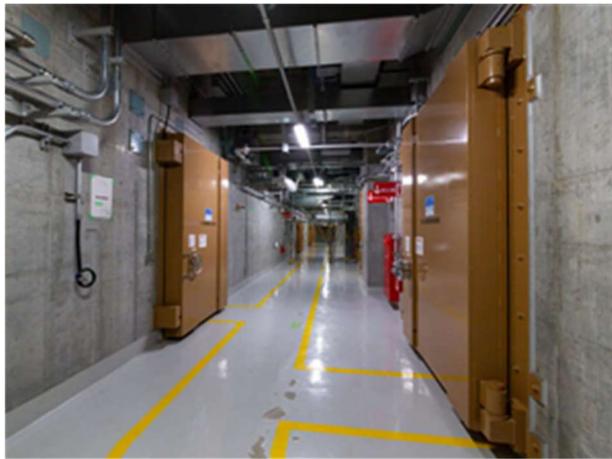


原子炉压力容器 3号機
 (中電パンフより)

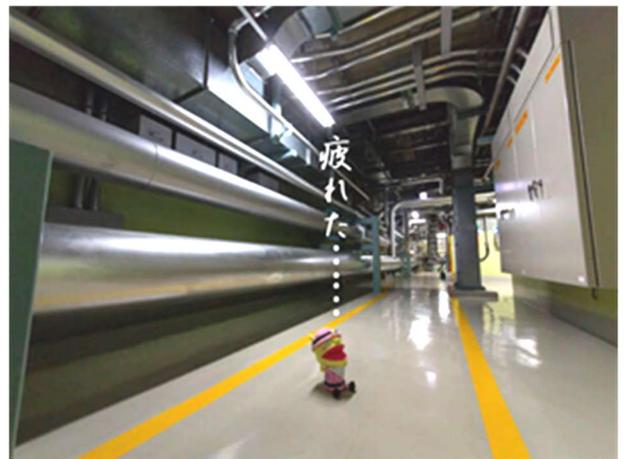
島根原子力発電所の2号機と3号機の全体構造図と原子炉圧力容器の構造図を前頁に示す。午前中に「島根原子力館」で2号機の実物大模型（写真は前出）を視察しておりイメージが、2号機（模型）と3号機（実機）を比較することで、2機の違いを理解し易かった。

3. 2. 2、島根原子力発電所（3号機）

放射線を遮蔽するために分厚いコンクリートで仕切られた建物内の通路は、放射線の直進的特性に配慮して迷路のように入り組んでいるうえ、更に原子炉内部へのアプローチは入室側と退出側に2重に扉が設置してある小部屋で区切られていた。この入口側と出口側の扉は、同時に開けることができず、入口側の扉を一度完全に閉めてからでないと出口側の扉が開かない構造で、放射線を外部に放出しないよう原子炉側の気圧が低くなっている。



原子力発電所内通路

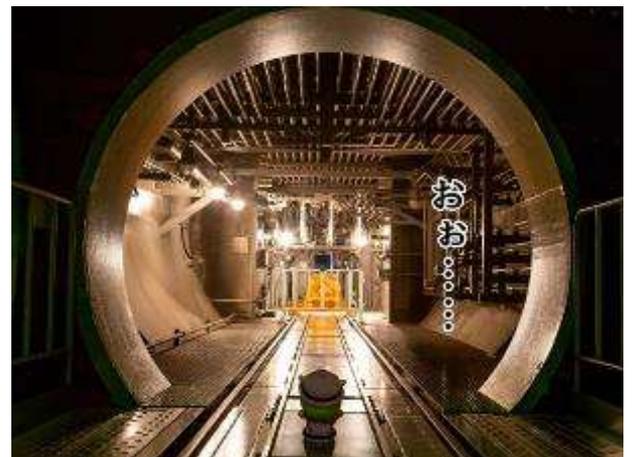


通路（3号機）

クランク状に曲がりくねった長い通路を歩いてやっと原子炉圧力容器に到着すると、そのあまりの巨大さに圧倒される。



2重扉入り口側



通路（3号機）



原子炉（3号機）



原子炉（3号機）

原子炉から曲がりくねって伸びている主蒸気出口ノズルは、 $\Phi 2000$ mm程度もあり、その巨大さがうかがえる。



原子炉直下にある制御棒（3号機）

写真ではイメージが付きにくいですが、ダクト（ $\Phi 2000$ mm程度）の下に見える最下面の床面から手すりのあるフロアまでは高さ約20 mもある。



原子炉最下面（3号機）

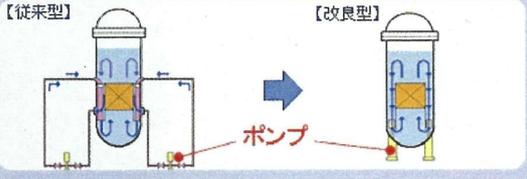
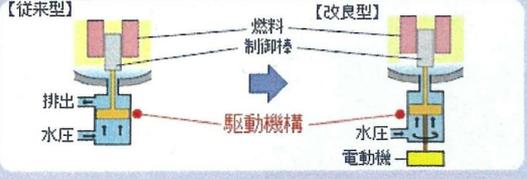
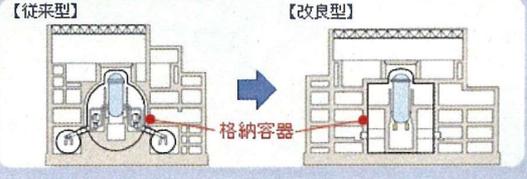


原子炉（3号機）

3. 2. 3. 島根原子力発電所（3号機）の特徴

3号機は改良沸騰水型（ABWR）であり、主要な改良点は下記4点である。

- ①原子炉内蔵型の再循環ポンプの採用により、配管破断事故リスクの低減
- ②制御棒駆動機構の多様化（水圧・電動）を採用、制御棒操作の微調整が可能
- ③原子炉格納容器を建物と一体構造とし、耐震性を向上
- ④改良型中央制御盤（デジタル型）を採用し、操作性と監視性を向上

<h4>1. 原子炉内蔵型再循環ポンプ</h4>  <p>内蔵型ポンプの採用により大口徑配管を無くし、配管破断事故リスクを低減</p>	<h4>2. 改良型制御棒駆動機構</h4>  <p>駆動源多様化（水圧・電動）により、安全性向上 電動駆動により制御棒の微調整が可能となり、燃料への負荷を低減</p>
<h4>3. 鉄筋コンクリート製原子炉格納容器</h4>  <p>建物と一体構造の鉄筋コンクリート製の格納容器を採用し、耐震性が向上</p>	<h4>4. 改良型中央制御盤</h4>  <p>操作盤の集中化や大型表示盤の採用により、操作性・監視性を向上</p>

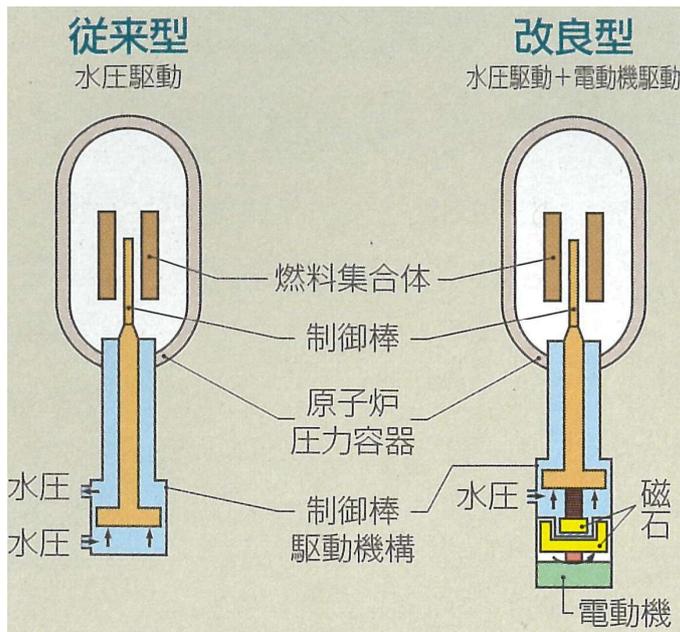
3号機 改良沸騰水型（ABWR）の特徴 （中電資料より）

3. 2. 4. 改良点②：制御棒駆動機構の多様化

改良点②については、3号機では、制御棒駆動機構の駆動源を従来の水圧駆動に加え微動可能な電動駆動を追加し、多重化を図ることで、1つのシステムにトラブルが起きても、もう1つのシステムで動かせるようになり、信頼性・安全性が一層向上している。

なお、通常運転中の制御棒駆動は電動としたことで細かい制御が可能となり、緊急停止時（スクラムブル）の速い駆動は従来機と同様に水圧駆動で行っている。最小ステップ幅は、15.2mmから36.6mmへと4倍以上の微細な調整が可能になり、同時操作本数が1本から最大26本に変更された。

「制御棒」を原子炉の下から押し上げて挿入することで、中性子を制御棒に吸収させ、核分裂連鎖反応を止めて出力停止する方式は従来どおりであった。重力により落下する方式が安全と思われるが、原子炉圧力容器は全面をシールしており優位性は関係なく、沸騰水型原子炉は上部に汽水分離器や蒸気乾燥器が必要なため、下部より挿入する構造となっている。



改良点②

原子炉内蔵型再循環ポンプ（中電パンフより）



改良型制御棒駆動機構

4. 所見

今回は地域エネルギーのベストミックスを検討する中でベースとなる原子力を調査するため島根原子力発電所の見学会に参加したが、あまりにも巨大な施設であり、その施設を計画・設計・施工し、さらには維持管理されている技術者の方々には敬意を表したい。

2018年9月6日に発生した北海道胆振地方東部地震は厚真町で最大震度7を記録した。地震発生後に北海道電力の火力発電所は全て停止し、戦後、各地域の電力会社が自供給エリアの電力供給に責任を持つ垂直一貫供給体制となってから、供給エリア全体が「ブラックアウト」となるのは初めてであり、TVや新聞などでも広く報じられた。このブラックアウト（全域停電）は社会的に大きな問題となったことは、記憶に新しい。

地域エネルギーのベストミックスを考えるうえで、再生可能エネルギーは無視することの出来ないエネルギーである。しかし、その再生可能エネルギーは原子力発電に比べるとあまりにも小規模である。

今回見学した島根原子力発電所3号機は1基で出力137万KWであるが、県内近傍の小水力発電所が約200KWに換算すると約7千基分、同水力発電所の3150KWでは400基分以上に相当することになる。松江市玉湯町に建設予定の地熱発電所は、平成28年度に視察した中四国初の地熱（温泉熱）発電所である湯梨浜地熱発電所（20KW）相当であるとすると、原子力発電所と同等の施設はこの地熱発電所が約7万基分も必要になる。

再生可能エネルギーは一般的に小規模かつ不安定であり、現状では中山間地域等での家庭用電力（エネルギー）等に対して調整力となる他電源等に補完してもらうことで利用できるが、産業用電力のような大規模なエネルギーには原子力発電所などの大規模安定電源（発電所）が必要になるであろう。

地域のエネルギーの多様化についてエネルギーミックスを考えるうえで、今回の見学会は大変有意義であった。今後もこの様な見学会の機会があれば参加させて頂きたいと切に願っている次第である。

5. おわりに

以上、「中国電力島根原子力発電所」見学会で受けた説明を基に、島根原子力発電所の3号機について主に述べてきた。

近年、大人の社会科見学が増えている。一般の人が普段なかなか入れない場所で非日常的な体験が気軽に楽しめて、実際に見て触れて多種多様に学べて新たな気づきや発見に夢中になってしまう、そんなことが魅力であると言われている。

今回は技術士向けの見学会に参加したが、一般の大人のみならず子供づれで、更には、小中学生・高校生・大学生などといった、対象者を絞って解説のレベルを考慮した見学会を企画することで、近年少子化・理科離れが進んでいる学生に科学技術に対して興味を持ってもらい、技術者予備軍を増やすことは出来ないであろうかとも考えた。

さいごに、本見学会参加報告の執筆にあたり、写真等の資料の使用許可について御尽力頂いた日本技術士会中国本部電気情報部会杉内栄夫部会長様に心からの謝辞を申し上げます。