成２４年１１月１０日
第５２号
日本テクノ協力会・日電協（水戸）発行

でんでん・みと情報

ノーベル賞の山中さんに文化勲章

天皇陛下から皇居・宮殿「松の間」で「受章おめでとう」

こんにちは。吾輩は猫のでんでんです。

先月（１０月８日）、京都大学教授の山中伸弥さんが今年のノーベル生理学・医学賞にきまったときには、日本だけでなく世界中から祝福、称賛されたね。ｉＰＳ細胞（新型万能細胞）の開発は、世紀の大発見と評価されているんだよ。

その山中さんに文化の日の３日、天皇陛下から文化勲章が手渡されたね。陛下は皇居・宮殿「松の間」内で退席時、山中さんに「ノーベル賞、おめでとう」と声をかけられたんだ。

その後の記者会見で山中さんは「科学者にとってはノーベル賞は最も栄誉な賞かもしれないが、日本でずっと研究してきた者にとっては今日が本当に一番光栄な瞬間であり、感激は一生忘れることがないと思う」と喜びを語っている。

山中さんの偉ぶらない、謙虚な性格が表れているね。今後もますます人間さま、吾輩たちのために貢献してもらいたいね。

来年のＮＨＫ大河ドラマは「八重の桜」

新島（山本）八重は、白虎隊とともに戦った

次に人間さまの世界の歴史に話を移そう。

先月（１０月３日）、福島県会津若松市の観光キャンペーン隊が京都市を訪れ、下京区の高島屋京都店前で、会津藩・白虎隊の踊りを披露したんだ。観光パンフレットや特産のリンゴジュースも配布した。

これは、福島原発事故の影響で観光客の減少に悩み、買い物客らに来訪を呼びかけたものだ。

会津若松市は、来年放映のＮＨＫ大河ドラマ「八重の桜」（主演・綾瀬はるか）のヒロイン新島八重（１８４５～１９３２）の故郷で、京都市には八重の夫・新島襄が創設した同志社大学がある。

両市は３月、観光分野などでの相互交流を宣言している。

勇壮な踊りを見せた斎藤麻衣さん（２７）は「幕末という大きな時代の転換期に、強い志を持って生きた八重の故郷にぜひ足を運んでほしい」と話していたね。

会津藩・白虎隊のことで、親方は吾輩にこう言ったことがある。

明治維新の際、薩摩、長州などの官軍と、会津藩・鶴ヶ城（福島県会津若松市）で戦った白虎隊士に山川健次郎（１５歳）がいる。

健次郎は戦いの後１８歳で、アメリカ・エール大学に留学した。

２２歳で帰国した健次郎は、東京帝国大学に奉職し、日本人初の物理学科の主任教授となり４８歳で第６代東京帝国大学総長になっている。

官軍との戦いで山川健次郎たちと鶴ヶ城に籠城し、男装して自ら銃をとり、勇敢に戦った会津藩砲術指南役・三女の女傑（２３歳）がいる。「幕末のジャンヌダルク」と呼ばれている山本八重子（旧姓）だ。

明治維新になり京都で教育に携わった後、同志社大学を創設した新島譲と結婚。日清、日露戦争では従軍看護婦として活動し、皇族以外の女性としてはじめて政府より勲章を受けている。

この新島八重が、２０１３年度ＮＨＫ大河ドラマ「八重の桜」（主演・綾瀬はるか）で放映されるんだよ。激動期のドラマだ。大いに期待できるね。

日本テクノ袖ヶ浦グリーンパワー発電所

東京湾の袖ヶ浦市沿岸に建設
最寄りに広大な海浜公園

では本題の火力発電所見学の話を親方にお願いしよう。

でんでん　電気保安の仕事で協力し合っている薄井さんと１０月２２日、日本テクノが建設した火力発電所を見学してきたようだね。いま、人間さまの世界では、原発事故による代替エネルギーへの転換で大騒ぎしているね。吾輩も興味をもっている。

今回は、それを説明してくれるかね。火力発電所はどこにつくったの。

親方　でんでんクンもエネルギー問題に関心をもっているのか。良いことだ。

日本テクノが、発電所を設置した袖ヶ浦グリーンパワー（袖ヶ浦ＧＰとする）のある場所は、千葉県袖ヶ浦市（人口６万人）の海岸・埋立地の北袖というところだ。東京湾に面した京葉工業地帯の一角である。

袖ヶ浦ＧＰ発電所を見学した話の前に周辺のことを少し説明しておこう。

この北袖の先端には広大な袖ヶ浦海浜公園（８ｈａ）がある。袖ヶ浦ＧＰ発電所からは車で５分ぐらいで行ける近さだ。公園のシンボルである高さ約２５ｍの展望台からは、東京湾アクアライン（アクアラインとする）や海ほたる、天気の良い日には対岸街並みや富士山、東京スカイツリーも望めるとのことだよ。

でんでん　公園には寄らなかったの。

親方　時間がなかったので見なかったが、アクアラインの海に囲まれた海ほたるパーキングエリア（海ほたるとする）には寄ってきたよ。

アクアラインは川崎から木更津までの１５ｋｍ

海底トンネルを９．５ｋｍ走る　　総事業費１兆４４００億円

でんでん　まず、人間さまの間でよく話題になるアクアラインとはどんなものかを説明してくれるかね。

親方　そうか、海ほたるの前にそれが必要だな。アクアラインは、東京湾のほぼ中央を横断し、神奈川県川崎市から千葉県木更津市までを結んでいるんだ。

全長は１５．１ｋｍである。それは川崎側から始まる９．５ｋｍの海底トンネル、木更津側の４．４ｋｍの橋、陸上部０．９ｋｍ(川崎側０．３ｋｍ、木更津０．６ｋｍ)、海ほたる人工島０．３ｋｍでつながっているんだ。路線名は国道４０９号線。

総事業費は約１兆４４００億円で、工事期間は１９８７年（昭和６２年）７月～１９９７年（平成９年）１２月だね。

アクアライン中継点の海ほたるは大観光スポット

レストラン、売店２０店　　駐車台数６００台

でんでん　海ほたるの感想はどうだったかね。

親方　海ほたるは、海底トンネル道路（９．５ｋｍ）から木更津側で橋に移り変わるために作られた長方形の人工島なんだ。島の大きさは、全長３００ｍ、全幅１００ｍである。

単に海に囲まれたパーキングエリアだと思っていたが、聞くのと見るのとは大きな違いだったね。トンネルと橋を建設するとき、東京湾を眺めながら楽しく食事と買物をし、休憩するところを作ったんだ。海ほたるのあらましを説明する。

ここには５階建ての建物（延床面積３８，０００㎡）が建てられている。１階から３階までが駐車場（普通車４９４台、大型車９３台、ほか路線バスターミナル））、４階と５階がレストラン（９店）、売店（１１店）などの営業施設がある。

当日も観光バスがひんぱんに出入りし、レストラン、売店などは多数のお客で賑っていたよ。特に元気で着飾った中年の女性が多かったね。

寄った日の先日（１０月２１日）は秋晴れの中、アクアラインを走るフルマラソン「ちばアクアラインマラソン」が開かれたと大きく報道されたね。

市民ランナーら約１万４０００人が木更津市をスタートし、海ほたるで折り返すコースを走ったんだ。公務員ランナーとして知られる川内優輝選手（埼玉県庁）が２時間１７分４８秒で優勝し、「大海原を入っているようで気持ちよかった」と新聞に載っていたよ。海ほたるはかなり人気があるようだ。

海底掘削の実物・巨大カッター展示

大きさは直径１４ｍの世界最大級

でんでん　人間さまの発想と実行力はすごいもんだ。海上横断道路の途中に島を作り観光スポットにしてしまうんだ。海ほたるでほかに印象に残ったことはないかね。

親方　でんでんクン、きみはいつも鋭い質問をするね。

アクアラインの海底トンネルを掘ったのは、シールド工法によってか、なんて考えながら海ほたる５階の展望デッキに立ってあたりを眺めたらあったね。

眺望の良いところにシールド工法で使った、シールドマシンの実物大の巨大なカッターが展示されていたんだよ。これは直径が１４．１４ｍで世界最大級と言われているんだ。展示物のカッターの刃に触れてみて、これが１９９４年８月から１９９６年８月までの２４カ月、掘削に活躍したのかと感じとったね。

アクアラインのことをさらに知りたかったら、海ほたる内に設置されている技術資料館「うみめがね」に入ってみるとよいとのことだよ。

でんでん　シールド工法とは何なのかね。

親方　シールド工法とは、シールドマシンと呼ばれる大型機械の先につけた巨大なカッターで地中を削りながら、削ったその大きさにコンクリートで固めていく方法なんだよ。

舟虫という虫が、木に穴を掘りながら粘液を、穴の内側に塗りつけて乾燥すると固まって、トンネルができるのを参考に発明したという日本の特許だ。ドーバー海峡の英仏トンネルも日本のこの技術で作られたんだよ。

日本テクノ袖ヶ浦グリーンパワー発電所見学会

関東、東北地区の主任技術者４０名参加

では、ここから袖ケ浦ＧＰ見学の話しに移ろう。

天候にも恵まれた１０月２２日の午後、日本テクノ協力会・日電協の関東、東北地区の主任技術者４０名ほどが見学会に参加したんだ。

日本テクノの阪口保安本部長、中村保安部長、保安管理課の渡辺課長、奥山係長、小沢主任など皆さんの温かい歓迎を受けて、旧交を温めたのは嬉しかったね。

でんでん　人間さまの世界はコミュニケーションを大切にするから、それは大変良いことだったね。さて、これからＧＰ発電所の説明を受けるわけだが、わかりやすく、簡潔にポイントを絞って話してくれるかね。

親方　それは難しい要望だが、応えられるように努力してみよう。

発電出力１１万ｋｗ　７８００ｋｗ×１４台

ガスエンジンでは国内初の最大設備
発電効率４９．０％（世界最高レベル）

でんでん　まずＧＰ発電所の規模を聞きたいね。

親方　でんでんクンよ。君は最初からそういう質問ができるのは大したもんだよ。
それでは設備などを要約して説明しよう。

◆建設投資額：１００億円

◆敷地面積：１４０００㎡（４２００坪）

◆工期：２０１２年1月１５日に着工し、８月１６日に１４基、全面運転開始。
約９カ月の工期はきわめて短い。設計、建設工事まで一式を川崎重工へ発注。機器据付は主に東芝プラントが担当
９月１９日には、山口・袖ヶ浦市長、関係会社の役員などの列席をいただき、竣工式を挙行

◆発電出力：１１万ｋｗ、７８００ｋｗ×１４台

◆エンジン仕様：川崎重工製、型式ＫＧ－１８－Ｖ「カワサキグリーンガスエンジン」
シリンダー数・１８気筒/基
発電効率・４９．０％（世界最高レベル）
排気量・６００，０００ｃｃ（小型車４００台分）
寸法・１３ｍ長、６．７ｍ高、３．２ｍ幅
馬力・１４万５，０００馬力（戦艦大和１５万馬力）
１０万ｋｗを超える発電所がガスエンジンだけで構成されるのは国内初の最大設備
１４基のエンジンと発電機（明電舎製、三相交流同期発電機、７５０回転/分）は、発電機棟①と②棟内に７基ずつ設置

◆燃料：ＬＮＧ（液化天然ガス）精製の１３Ａ都市ガス（ガス圧力１ＭＰａ以上、通常７ＭＰa)、年間使用量７０００万m3、一般家庭２３万世帯分

◆特高変電設備：(電力会社に売電するために必要な設備)
ＳＦ６ガス遮断器（富士電機製７２ｋｖ、１２００Ａ）１台、
油入変圧器（富士電機製３万５０００ＫＶＡ，１１/６６ＫＶ）４台、ほか付帯機器

◆脱硝装置の完備：ＮＯｘ（窒素酸化物）排出量は、規制値３０ｐｐｍ以下に対し、２０ｐｐｍに低減

◆騒音対策：建屋内騒音１１０ｄｂを遮蔽対策し、屋外騒音を６５ｄｂに低減

◆運転要員等：１０名、内訳【２直勤務・３名／直×２（深夜なし）、保全員３名、主任技術者（国吉所長）１名】、勤務時間８：００～２２：００、休日・土日曜、祝日

燃料ガスは最寄りの東京ガスＬＮＧ基地から供給

一般家庭２３万世帯分

でんでん　竣工式も無事済み順調に稼働していることは、大いに結構なことだ。

１１万ｋｗ発電するのに、燃料のガスを一般家庭２３万世帯分も消費するとはビックリだね。

親方　燃料は、ＬＮＧ（液化天然ガス）から精製した１３Ａ都市ガスで、東京ガスが関東一帯を環状に結んでいる南袖ラインから供給されている。

袖ケ浦ＧＰから約５００ｍのところに、東電の巨大な袖ケ浦火力発電所が一望できる。

その隣りに東京ガスの都市ガスや火力発電所に供給するＬＮＧ（液化天然ガス）の受入・貯蔵・気化を行う施設（ＬＮＧ基地とする）がある。

東京ガスの袖ケ浦工場（１９７３年操業開始）だ。貯蔵能力は、地上タンク９基４８万ｋｌ、地下タンク２７基２３２万ｋｌ。主な受入ＬＮＧ産地はマレーシア、インドネシア、オーストラリアなど６カ国。

でんでん　発電所の説明が、ＬＮＧ基地の方へ変わったね。最近、人間さまの間では、原発事故以来、電力不足の話題の中で、ＬＮＧ（液化天然ガス）の話がさかんにでてくる。良い機会だ。あらましを知っておきたいね。

親方　ＬＮＧ（液化天然ガス）は、石油と同じ水素と炭素の化合物（炭化水素）の天然ガスを液化したものなんだ。

天然ガスの主成分はメタン（ＣＨ4）で、自然界に存在する炭化水素のなかでは炭素にたいする水素の比率が最も高い。天然ガスは、単位燃料あたりで排出するＣＯ2（二酸化炭素）の量が、きわめて少ない。

同じ熱量あたりで排出するＣＯ2の量は、石炭を１００とすれば、石油が８０で、天然ガスが５０。しかも、大気汚染をもたらす硫黄酸化物、窒素酸化物をほどんと排出しないので、地球温暖化をはじめとする深刻な環境破壊に対処するには、最適のエネルギーの一つといえる。

環境にやさしい天然ガスの需要は、ここ数年、全世界で急速に伸びている。

天然ガスは、常温・常圧の状態では気体であるため、四方を海に囲まれた日本では、パイプラインで輸入することはできないんだよ。

そこで、次のように多くの手間がかかっている。

①産油国にＬＮＧ基地を建設する。そこで天然ガスをマイナス１６２℃に冷却、液化し、体積６００分の１のＬＮＧ（液化天然ガス）にする。

②それを魔法瓶のような構造をした外航ＬＮＧ船で、日本に輸入する。

③日本のほうでも、いったん液化された天然ガスを気化する基地を建設し、さらに、消費者に天然ガスを供給するパイプを国内に敷設する。

日本国内のＬＮＧ基地は総数４２か所

年間約７０００万ｔ輸入　世界消費量の３７％

でんでん　システムが複雑だなあ。かなりのコストがかかっているんだろうな。
日本ではどれくらいのＬＮＧ（液化天然ガス）を消費しているのかね。
また、国内にＬＮＧ基地はどれくらいあるの。

親方　現在、世界で消費されるＬＮＧ（液化天然ガス）は年間約１億９０００万ｔだ。そのうち、発電、都市ガスの大半を輸入ＬＮＧに頼っている日本では、年間約７０００万ｔを輸入している。世界消費量の３７%だよ。日本は、世界最大のＬＮＧ輸入国なんだ。

日本には巨大なＬＮＧ基地が４２か所もあるんだよ。全国に次のように分散している。

北海道・東北７、関東５、中部１１、関西５、中国、四国７、九州・沖縄７か所

ＬＮＧ基地は、外航ＬＮＧ船での輸送、海水の熱を利用した気化を行うため、沿岸部に建設してある。

でんでんクンよ。私たちが住んでいるひたちなか市から北へ１５ｋｍほど行った日立市の日立港に、東京ガスが国内４３番目になるＬＮＧ基地を建設していることを知っているかね。

でんでん　それは初耳だ。参考までにぜひ知りたいね。

親方　東京ガスは、２０２０年に向けた天然ガスの需要の増加に対応するため、ＬＮＧ基地建設に着手しているんだよ。要約して説明する。

◆建設地：茨城県日立港内

◆設備概要：地上式２３万ｋｌのＬＮＧタンク１基（世界最大規模）
外航ＬＮＧ船の受入設備となる大型桟橋ほか
同基地から栃木県真岡市にある既存のパイプへ、全長６０ｋｍのパイプラインを敷設する「茨城～栃木幹線」

◆設備投資額：約１２００億円

◆工期：２０１２年1月着手～２０１５年度稼働開始

世界最高のガスエンジンを開発せよ

発電効率・目標値は４６％

でんでん　袖ケ浦ＧＰは、日本でも優秀なレベルの高いメーカーが建設したので、今後も順調に稼働していくと思うね。最後の質問として、今回の見学で最も印象に残ったことは何かね。

親方　でんでんクン、難しいことを聞くね。それはガスエンジンの発電効率は、４０％程度といわれていたのに、４９．０％と世界最高レベルのものを製作し、納入されたことだね。

川崎重工の開発、設計グループが、ホームページに苦労して改善したことを公表している。その一部を敬意を表しながら紹介して終わりとしたい。

２００２年、川崎重工のガスエンジン・プロジェクトマネージャーの櫻井秀明さん（１９８２年入社）は、事業本部のトップから「川崎重工のプライドをかけて、世界最高のガスエンジンを開発せよ」と指示された。新開発ガスエンジンの発電効率の目標値は４６％とする。

櫻井さんは「当時は各社４０%そこそこのラインでしのぎ合っていた。４６%はとてつもなく高いハードルに感じた」と振り返る。

１年間のＦＳ（Ｆeasibility　Ｓtudy 事業可能性検証）の末、櫻井さんは「まだ見えない部分は多いが、勝算はある」と判断した。川崎重工１００年の歴史と技術者のプライドが「初めて取り組む技術で、世界最高性能を目指す」ことを決断させ、２００３年９月、開発辞令を受領した。

ガスエンジンのノウハウ・ゼロからスタート

開発に「実験計画法」採用
６５００通りのテストを１８通りに絞る

開発計画などは次にようなものであった。

期間は４年。前２年が基本設計で、後２年が製品化。

まず、ひな形となるシリンダ１つの単筒機を設計し、その段階で徹底的に性能を確認し改善する。単筒機といってもシリンダの直径は３００ｍｍ、最終製品は１０ｍを超える巨大な機械だ。

試作後は長時間の耐久試験を行い、その後最終製品となる１８シリンダエンジンを組み立てる。

当時の川崎重工にはガスエンジンのノウハウが全くなかった。燃焼技術開発では、シリンダの燃焼室の形状を決めることが最重要。

発電用ガスエンジンは、極めて薄いガスを燃焼させる（リーンバーン）。リーンバーン運転の領域は狭く運転範囲が極め限定される。その範囲を少しでも拡大したい。

それがガスエンジンの性能を上げる主要課題だ。

送り込まれた混合気は、燃焼室の形状に沿ってガス濃度を変えていく。自在にガス濃度分布をコントロールできる燃焼室の形状こそエンジンの性能を左右する。

このとき櫻井さんがぶつかったのは、試験方法の選択だ。「試験できるのはせいぜい１日に１つ」という物理的制約の中、「とりあえずやってみる」ことは許されない。

そこで櫻井さんは、「実験計画法」（注１）という統計学の手法を採用した。初めての試みだが、うまくいけば本来なら約６５００通り必要なテストを１８通りに絞り込むことができる。「思いきって導入したおかげで、正しい試験方法を選択でき、大幅な時間短縮ができた」と櫻井さん。

これでアウトラインが固まった。後は実製作あるのみ。開発スタートからここまで、２年がたっていた。

（注１）実験計画法：★目的とする情報を得るのにどのような実験をすれば実験費用が最も少なくなるか（実験の計画）
★得られた実験データ をどのように解析して結論を出すか（実験データの解析）
を研究する統計学の一分野

燃焼の制御・調整を一気に自動化

燃焼技術で、燃焼室の形状に次ぐ大きなテーマが「制御」だ。ここで抑えの切り札、今村司さん（１９９８年入社）が投入された。彼は電気技術者としてガスタービン、蒸気タービンなどの様々なプロジェクトに参加し、制御・計装の豊富な経験を持っていた。

今村さんは、この時まだ手作業で行われていた制御・調整を「一気に自動化しよう」と目論んだ。１８個すべてのシリンダのガス弁、点火タイミング、ノッキング検知、空気比調整を、主制御装置でトータル制御する仕組みだ。今村さんは言っている「制御がうまく機能したときは、技術者として最高の喜びを味わった」と。

耐久・性能を実証し発電効率４９%を達成

２００６年1月、全社的承認を得て「グリーンガスエンジン」開発プロジェクトが本格スタートし、単筒機の成果を元に１８シリンダの実証機を製作することになった。チームも少人数のラボレベル（初期研究段階）から、数十人規模に格上げされた。

２００７年5月、プロジェクト作業が順調に進んだ結果、１８シリンダ実証機は起動した。その後、単筒機で１５００時間の耐久試験、１８シリンダ実証機で４００時間以上の性能試験を行い、満足できる運転を実現した。さらに技術改良に取り組み、発電効率４９%を達成した。

◆いま、川崎重工のガスエンジン開発グループが頑張った一部を述べたが、でんでんクンはどう思うかね。

でんでん　感心したのは、目標を達成する志とプライドが高いことだね。競合メーカーの技術者の皆さんも同様に、昼夜頑張っているんだろうね。ご苦労なことだ。

今回は懸命に説明してくれてありがとう。

（文責　小沼甚一）

■参考文献

『エネルギーこれからどうなる』（河出書房新社）
『火力発電の基本と仕組み』（火力原子力技術協会　秀和システム）
『電力供給が一番わかる』（今泉大輔　技術評論社）