

第42回日韓技術士会議(愛知・名古屋)資料

2012.10.18

目 次

第 42 回日韓技術士会議の開催にあたって～Asia から世界へ～

公益社団法人 日本技術士会 会長 内村 好 (UCHIMURA, Konomu)	1
基調報告 日韓技術士交流実行委員会 委員長 伊藤 徹 (ITO, Tetsu)	2
基調講演	
技術士の立場から多様な Energy 戦略を考える	
Consideration of Various Energy-Concerned Strategies from Standpoint of Professional Engineer	

田吹 隆明 (TABUKI, Takaaki) 情報工学部門.....	3
-------------------------------------	---

(第 1 分科会)

座長 田中 俊生 (TANAKA, Toshio) 電気電子部門

一般家屋における太陽光発電量と Energy の将来展望

稲垣 正晴 (INAGAKI, Masaharu) 応用理学/総合技術監理部門	21
---	----

再生可能 energy による地域の活性化提案

Activation proposal in region by renewable energy

市村 一志 (ICHIMURA, Kazushi) 建設部門	26
--------------------------------------	----

愛知県における地球温暖化防止対策の取組

打田 清和 (UCHIDA, Kiyokazu) 環境部門	33
-------------------------------------	----

(第 2 分科会)

座長 室中 善博 (MURONAKA, Yoshihiro) 環境部門

「安全安心の社会に向けての考え」ー 長い人生で気づいたこと ー (1940 年～2012 年)

"Thoughts on Safety and Security of the Society"ー Lessons learned from my long life ー

牧山 昭彦 (MAKIYAMA, Akihiko) 建設部門	38
--------------------------------------	----

建設現場の安全管理 Cycle Safety Management Cycle at Construction Sites

松谷 孝広 (MATSUTANI, Takahiro) 建設/総合技術監理部門	43
---	----

日本の土砂災害対策と防災上の課題 The subject of sediment disaster prevention in Japan

平野 吉彦 (HIRANO, Yoshihiko) 応用理学/総合技術監理部門	52
---	----

(第 3 分科会)

座長 高堂 彰二 (KODO, Shoji) 上下水道/総合技術監理部門

ET の会における工学倫理教育の実践

春田 要一 (HARUTA, Yoichi) 金属/総合技術監理部門	56
--	----

Kingdom of Thailand における技術者倫理教育事例

橋本 義平 (HASHIMOTO, Yoshihei) 情報工学部門	63
--	----

法工学による事故解析と事例

平野 輝美 (HIRANO, Teruyoshi) 化学部門	69
--------------------------------------	----

(第4分科会)

座長 星 俊臣 (HOSHI, Toshiomi) 機械/総合技術監理部門

燃料電池の有効利用に関わる水素貯蔵合金技術

阿部 真丈 (ABE, Masatake) 金属部門 73

人工透析の現状と課題

江口 正臣 (EGUCHI, Masaomi) 化学部門 79

Aircraft Industries in Japan and Korea – Technologies required for growth –

日本と韓国の航空機産業～今後の技術的課題～

田島 暎久 (TAJIMA, Teruhisa) 航空・宇宙部門 85

(第5分科会)

座長 曾武川 淳 (SOMUKAWA, Atsushi) 衛生工学部門

Given the energy from Party of Young Professional Engineers of Central Japan (Chubu)

千坂 博明 (CHISAKA, Hiroaki) 修習技術者(応用理学部門) 92

Sustainable Energy Demand & Supply, and Commissioning Evolution

掛川 昌俊 (KAKEGAWA, Masatoshi) 機械/衛生工学/総合技術監理部門 99

Education Program for Information Technology in Agricultural Genome Sciences

農学系ゲノム科学領域における情報科学教育の実践

石井 一夫 (ISHII, Kazuo) 生物工学部門 105

基調講演、分科会発表者略歴 110

第42回日韓技術士会議の開催にあたって ～Asia から世界へ～

2012 年 10 月 18 日

公益社団法人 日本技術士会

会長 内村 好 Uchimura Konomu

第 42 回日韓技術士会議が、日本における先端技術産業の有数の集積地である愛知県名古屋市で開催されることを多数のご参加者の皆様とともに喜びたいと思います。韓榮成 韓国技術士会会長ならびに朴慶夫 韓日技術士交流委員会委員長はじめ韓国技術士会の会員の皆様とご同伴の方々に多数お越しいただきました。日本技術士会を代表しまして歓迎の意を表します。

日韓技術士会議も今回で 42 回目を迎えました。40 周年を記念して刊行された「交流の記録」を紐解いてみると、1971 年の第 1 回大会から 20 年程は日韓合計の参加者は数十名でした。その後、日韓双方で地方開催となった 22 回の新潟大会以降、飛躍的に参加者が増え、現在では 300 名を超えております。人の人生に喩えるとこの会議も青年期を経て成熟した中年期にさしかかり、先達が築きあげられた財産を次の世代へ引き継ぐ時期ともなりました。幸い最近では青年技術士による Soccer 交流や女性の立場から技術を語り合う女性技術士の交流も回を重ねて定着してきました。そのような新しい芽吹きが大きな樹木へ成長している証であります。

本年の会議の Theme は「技術士の立場から多様な Energy 戦略を考える」であります。地球温暖化問題に加えて、昨年 3 月、我が国では東日本大震災による東京電力福島第一発電所の事故が発生し、これからの Energy のあり方について国民的議論が沸き起こっております。化石燃料等の天然資源が乏しい日韓両国にとっては共通の課題であると考えます。高度で複雑化した社会においては課題の解決策は単一ではありません。まさに多様な戦略が必要とされています。

日本及び韓国が選択する Energy 戦略は、世界の Energy 動向やその選択に影響を与える重要な政策課題となっています。本日の会議での日韓の議論が Asia へ拡大し、そして世界へ拡大していくことを期待しています。

これからの時代を切り開いていくためには科学技術の力が重要であり、高度な専門性と高い倫理観を兼ね備えた技術士の役割はますます重要となります。技術に国境はありません。日韓技術士会議を通じて両国の技術の発展と技術士の地位の向上が図れることを期待しております。

最後になりますが、本会議を企画運営されました日韓技術士交流実行委員会及び開催地であります日本技術士会中部本部の皆様には厚く御礼申し上げますと共に、来日された韓国の皆様は日本の優れた科学技術と美しい初秋の尾張路を堪能され、日本人々と友好と親善を深めて帰国されることを願っております。

基調報告

2012 年 10 月 18 日
公益社団法人日本技術士会
日韓技術士交流実行委員会
委員長 伊藤 徹 Ito Tetsu

これまで日本国内では各地で開催されて参りましたが、この度の 42 回は今まで催されなかった中京圏での雄都愛知県名古屋市で日本技術士会中部本部の全面的なご協力のもと開催する運びとなりました。この会議には韓榮成韓国技術士会長はじめ大勢の技術士そしてご家族の皆様まで参加を得て、また日本において全国から多数の技術士にご参加頂き、盛大に開催出来ましたことに対し、ここに厚く御礼申し上げます。

この度の会議の Theme は「技術士の立場から多様な Energy 戦略を考える」と両国委員会で決定いたしました。昨年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に代表される巨大地震とこれに伴う津波という自然災害によって引き起こされた放射線災害から発展した Energy 問題について取り上げたものです。これは、日本はもちろんのこと世界的に直面している喫緊の課題でもあります。広く科学技術を修めた両国技術士が人類の安全・安心を考慮し、原子力を含めた Energy 政策の現状認識と将来展望を考えなければならない状況にあると考えられます。この Theme については範囲が広すぎるため焦点がしぼりにくいかも知れません。両国の基調講演を受けた後の分科会でも引き続き検討されます。

さて、ここで日本側の一年間の活動についてご報告申し上げます。昨年 3 月 11 日の東日本大震災から 1 年半経過しましたが、復興に向けて全国から多くの技術者が被災地に集い、復興へ向けて努力を重ねている最中であります。また、昨年第 41 回日韓技術士会議は大邱広域市で開催されましたが、日本の復興を気づかって頂く中、市の全面的な協力・支援のもとで大きな成果を上げましたことに対して厚く御礼申し上げます。

また、日本側の委員会である日韓技術士会議実行委員会の名称を、韓国側名称に合わせ今年 1 月に日韓技術士交流実行委員会と変更いたしました。これにより委員会の活動も日韓技術士会議のみに限定されているような錯覚から解き、両国技術士の幅広い交流を推進していくことを表す名称としました。活動といたしましては、第 41 回日韓技術士会議の総括、この度の第 42 回会議開催に向けての準備のほか、韓国の経済、技術情報の蒐集や分析、そして研究を重ねております。5 月には朴慶夫委員長をはじめとする韓国技術士会の皆様の来日により、名古屋市において中部本部の方々と日韓合同委員会を開催し、会議の主題など基本的事項の決定や現地調査を行いました。この度の会議の大枠を決定し、それにそって準備してまいりました。

この会議は技術交流が第一の目的ですが、そのためには両国技術士の相互理解と一層の友好親善を図ることが根底にあります。両国技術士が 40 年間、一生懸命努力しても、時折、両国には障害が発生することもあります。これまで、私たちはそれを乗り越えて 40 年間余りも交流を続けてきたのであります。両国の技術士の皆様、ならびに両国の技術士会を通して、これまで以上に両国の実務的交流がさらに発展できることを確信しております。

最後になりましたが、一年に一度わずか数日の友好親善交流ではありますが、密度の濃いものとして頂きたく、また充分お楽しみ頂くことをお願いし、基調報告とさせていただきます。

Abstract

Due to the severe accident of nuclear power plants at Fukushima, all of the nuclear power plants in Japan finally stopped operation for two months.

Since electricity in Japan depends of nuclear power for about 30%, we need to reconsider our strategies on future energy. This paper seeks for ways how our energy strategies should be, reflecting what we have learned from the accident.

福島原子力発電所の被災とそれに伴う大規模な放射能汚染を招いた原子炉事故により日本では全ての原子力発電所が 2 か月余り停止した。電力の約 30% を原子力に依存している日本では今後の energy 戦略の見直しを迫られており、そこで原発事故の教訓を生かした energy 戦略のあり方について考察する。

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は日本の近代産業発展の時代において経験する初めての大規模な災害をもたらした。とりわけ東京電力福島第一発電所における冷却機能の喪失による原子炉の損傷と、これに伴う広域放射能汚染事故の発生は、国際的影響も大きく諸外国の energy 戦略にも影響を及ぼした。

現代文明とこれを支える産業の出発点である第一次産業革命の成功要因は、石炭を燃焼して得られた熱 energy を制御し、そこから動力を取り出す蒸気機関の発明にあったと言えることができる。以来、energy の制御とその利用方法が開発され、新しい技術応用分野が開拓されてきた。産業革命の時代に熱 energy を動力に利用することから始まり、その後の科学技術の発展により、現代では制御の利便性からいったん電気 energy に変換してその energy を再利用することが多い。Energy に戦略が必要であるのは、energy が有限であり、取得に cost が必要であり、そしてその life cycle に亘って人類に不都合な事象をもたらす可能性があるからである。多様な技術の応用局面で energy が関係しており、個別の energy 戦略には多様性がある。国家の energy 戦略は国固有の事情のもとに実現される必要があるものの、産業を支える個々の技術者の energy 戦略は必ずしも国の戦略と同じである必然性はない。むしろ技術者は置かれた立場に依って固有の最善の戦略を選択することを求められている。

Energy 戦略が包含する領域は電力だけに留まるものではないが、ここでは電力を生む energy を中心に話を進める。本論文をまとめる時期にあっても今回の原子力発電所の事故を契機に運用が抑制されている原子力 energy の将来利用については方針が明確になっていないものの、政府への public comment 等から概ね原子力 energy への依存度を下げる方向に国民の合意がある。戦略そのものも幾つかあるのがよいが、原子力 energy の問題を含む場合に吟味すべきは、少なくとも既存の原子力 energy の代替 energy について見通しを立て、中長期的視野に立った戦略を立案できるかどうかということである。原子力 energy の代替として再生可能 energy の利用が期待されるが、供

¹ Tabuki Associate e-mail: ttabuki@oct-net.ne.jp

給の安定性と規模において原子力 energy の代替とはなる可能性は小さい。従って当面は従来以上に化石燃料に大きく依存することは避けられない状況であり、この前提で将来の可能性を考察する必要がある。

本論文の目的は、多様な技術の応用分野で活躍する技術士が取る energy 戦略について、震災から得られた教訓を生かした要点を考察することにある。本論文では、まず始めに地震と津波による発電設備の被害状況とその影響をまとめ、被災と回復状況を確認する。第 2 章では最近の energy 利用状況を確認し、第 3 章では各種の energy 源と戦略上重要な energy に関する将来も含めた技術を概観する。第 4 章では将来を考える上で考慮すべき大震災により得られた教訓について考察し、最後にこれらを踏まえて技術士として energy 戦略を考えるに際しての要点をまとめる。

1.1. 大型発電 plant の損傷と回復状況

2011 年 3 月 11 日発生した東日本大震災により大規模な発電所の損害は以下のように報告されている[11][14]。

表 1 東日本大震災による発電所の被害

発電所名称と規模	被災状況	回復状況
福島第一原子力発電所 46 万 kW, 78.4 万 kWx4 基、 110 万 kW	1,2,3 号機は炉心溶融、1,3,4 号機建屋は爆発により損傷。放射能による大規模な環境汚染発生。5,6 号機は 1 台の発電機で冷温停止。	1,2,3,4 号機は廃炉決定。 5,6 号機は停止中。
福島第二原子力発電所 110 万 kWx4 基	冷却用 pump と電源喪失。外部電源 4 系統のうち 3 系統機能喪失、1 系統で冷却。	停止中
女川原子力発電所 52.4 万 kW, 82.5 万 kWx2 基	外部電源 5 系統のうち 4 系統が停電。1 系統で冷却。	停止中
東海第二発電所（原子力） 1 号機 110 万 kW	全ての外部電源喪失。一部の非常用発電機で冷却。	停止中
東通原子力発電所 1 号機 110 万 kW	点検中、非常用発電機使用。	停止中
原町火力発電所 1,2 号機で 200 万 kW	1, 2 号で停止。津波で被災。	2013 年再稼働予定。
仙台火力発電所 44.6 万 kW	一部冠水。	2011 年 12 月再稼働
新仙台火力発電所 95 万 kW	1,2 号機停止。2 号機は廃止。	2011 年 12 月 1 号機 35 万 kW 再稼働
相馬共同火力新地発電所 200 万 kW	1,2 号機被災。津波で被災。	2011 年 12 月再稼働
常磐共同火力勿来発電所 162.5 万 kW	全機被災。重油導管被災。	2011 年 6 月から 12 月にかけて再稼働
広野火力発電所 380 万 kW	2,4 号機停止、1,3,5 は地震発生時停止中。津波で事務所被災。	1-5 号機は 2011 年 6 月から 7 月にかけて再稼働

常陸那珂火力発電所 100 万 kW	地震で 1 号機停止	2011 年 5 月 15 日再稼働
鹿島火力発電所 440 万 kW	2,3,5,6 号機が停止、1,4 号機は震発生時停止中	2011 年 4 月 1 日より順次再稼働

東北・関東の太平洋岸に位置する発電所は、原子力発電所と火力発電所の多くが地震や津波により被災している。福島第一原子力発電所には 6 基の原子力発電設備があり、1 号機から 4 号機までの発電設備は原子炉および原子炉建屋の損傷により廃炉になる程の重大な事故を起こした。表 1 に示すように、福島第二発電所、東海発電所、女川発電所のいずれの原子力発電設備でも問題は発生しており、いずれもかろうじて冷温停止に至ることができている。日本の原子力発電所は冷却に海水を使うので海岸に隣接して建設されており、事故の直接的な原因は津波対策が不十分であったことにある。ただし、plant は本来地震には強く設計されていたものの、地震により外部からの送電設備が損傷し、また原子炉設備も地震で損傷したのではないかとの見方もある[11]。原子力発電所の想定外の事故の発生により、国内の原子力発電所は定期点検により停止した後の再稼働に住民や近隣自治体の同意を得ることが困難になった。将来何らかの事故が発生するような事態になれば日本の原子力利用は決定的な判断を迫られることになるだろう。

火力発電所の設備の損傷は主として大地震の震動や、海岸に隣接している火力発電所で津波によるものである。火力発電所はその後の設備の復旧作業により順次再稼働し、一部を除いて約 10 か月で再稼働を果たしている。尚、gas turbine による発電設備においては本体の損傷はなく、数日で復旧したとの調査があり、災害に強い設備である[36]。

1.2. 原子力発電所事故の社会的影響

東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴いいわゆる死の灰が降下した。また plant の損傷により放射能に汚染された冷却水の漏水が発生し、その結果大量の放射能汚染水が海洋に漏出している。放射能汚染のため、近隣地域における長期避難が強制されている。一部の放射線量の高い地域では計画的避難地域に指定するまでに時間がかかり避難が遅れるという問題もあった。避難地域でなくても放射能汚染により農業と水産業は大きな打撃を受けている。Chernobyl 事故の経験から今後汚染地域の特に子供に甲状腺癌等の可能性も指摘されており、長期観察が必要となっている。今回のような原子炉の空焚きによる事故が実際に発生すること、そしてその社会的影響は長期間に亘り極めて甚大であることが国内のみならず海外でも再度認識された。

事故を起こした原子炉の廃炉に向けた計画では長期間にわたり膨大な cost が必要であり、補償等を含めてその総 cost がどの位になるか目途が立っていないが、少なくとも東京電力一社だけで処理できる規模ではなく実質的に国が財務面の支援をするに至っている。また、事故により発電事業の収支が悪くなり、料金改定が決定された。今回の事故により原子力発電の経済性は失われてしまったと考えられている。

大地震の発生前までは原発の安全性を問題視するのは一部であり[28,29]、地球温暖化効果 gas の排出対策のひとつとして原子力発電に期待する考えもあった。しかしながら日本は大陸 plate 境界に位置するため地震と津波の脅威が大きく、将来に亘って原子力 energy に大きく依存する方針は修正する必要性に迫られている。

また、今回のような原子力発電所に影響があるような大規模地震や津波が発生した場合、原子力発電所の再稼働に対する合意に長期間を必要するため、この間の代替 energy を確保する必要性も認識されている。少なくともこれまで稼働していた原子力発電所への依存度を大きくすることは電

力の安定供給の点から妥当性を失っている。

1.3. 各国への原子力 energy 戦略への影響

大震災と原子力発電所の事故を受けて、Germany は向こう 10 年間で脱原発とする方針を明確にした[31]。Italy では国民投票を行い、その結果原子力の再導入に関する法案は廃案となった。欧州各国の政策は一樣ではないが、既に経験している Chernobyl 事故と今回の大規模原子炉事故により原子力への依存度を下げる議論に傾いている。

NRC 米国原子力規制委員会は 2012 年 8 月、新規と継続に関する認可の凍結を決定した。その理由として放射性廃棄物の処分問題が解決していないことへの司法判断もあるが、同時に福島第一発電所第 4 号機の燃料 pool が建屋の損傷を受けて極めて不安定な状況にあり、そこに大量の使用済み核燃料が雨ざらしの状態で保管されているという安全性の問題が現実には発生しているという事実も大きく影響している[34]。つまり使用済み核燃料の処分問題が決まらないことは安全性の問題でもあると認識されているのである。

2. 見直しを必要とする energy 戦略とその目標

2.1. 日本の電気 energy 事情

資源の乏しい我国の最近 10 年間の一次 energy の自給率は約 4%であり、海外に資源を強く依存している事情がある。全 energy の内、石油、石炭、天然 gas を含めた化石燃料は 83%を占めており、ほぼ全量を輸入している。

最近の Energy 白書によれば、発電に占める化石燃料の割合は約 60%、原子力の割合は約 31%である（図 1）[1]。いわゆる枯渇資源に対する依存度が大きい、しかしながら全ての原子力発電所は 2012 年 4 月末より約 2 か月間停止したのでこの期間の原子力への依存はなく、原発事故以後は相対的に化石燃料への依存度が高くなっている。図 2 は原発事故翌年の東京電力の電力構成を示している。揚水発電の大部分が火力発電によるものとすれば実質的に 94.5%を火力発電に依存せざるを得なくなっている[3]。もしこれまで原子力 energy への依存度が更に大きい状況であったならば、電力供給において深刻な事態を招いた可能性がある。2012 年の夏の需要期のために関西地域で大飯原子力発電所第 3、第 4 号機（118 万 kWx2）を再稼働させた。この稼働により最大需要時(2682 万 kW)においても 89%の利用率であり、十分な余裕をもって対応できた[3]。他電力会社の供給能力などから、現状の日本の電力は原子力に依存しなくても供給能力が十分にあるということがうかがえる。

2.1.1. Energy の構成

事故前の Energy 白書に記載の一次 energy の構成を表 2 に示すが、前述のように事故後から原子力の構成比率は極めて低くなっている。

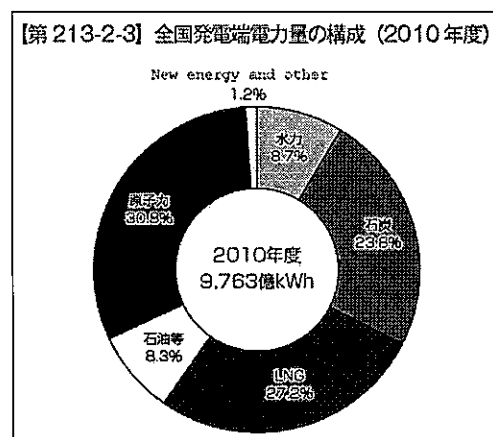


図 1 震災前の発電端電力量の構成

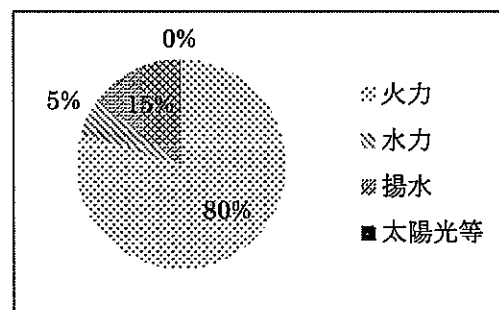


図 2 東電の震災後の設備容量構成

			構成比率
枯 渇 energy	非化石 energy	原子力	14%
	化石 energy	天然 gas	17%
		石油	43%
		石炭	23%
再生可能 energy	太陽 energy（発電（光、熱）、熱利用、照明）	0.1%	
	風力(発電)	0.1%	
	地熱（発電、熱利用）	0.5%	
	水力	1.3%	
	biomass（燃料、発電、熱利用）	1.1%	
	廃棄物など	0.2%	
	波力・潮力（発電）	0.0%	

表 2 日本の一次 energy の構成比率 (「Energy 白書 2011」から)

原子力発電所の事故以後、再生可能 energy への期待が高まっているが、現状その構成比率はいずれも極めて小さい。今後、太陽光発電の導入量の増加が期待されるものの、日本は地熱の開発・利用を除いて地理的条件 (monsoon 地帯、海洋に囲まれている、急峻な山地が多く平地が少ない、人口密度が大きい) から概して再生可能 energy を有利に導入するには適していない。

Energy resource	単価(円/kWh)	備考
原子力	8.9 以上 (下限)	福島事故後に評価した補償も含めた試算
石炭	9.5-9.7	
LNG	10.7-11.4	
石油	20.8-23.7	
風力 (陸上)	9.9-17.3	
風力(洋上)	9.4-23.1	
地熱	9.2-11.6	
太陽光 (住宅)	33.4-38.3	稼働年数 20 年
太陽光 (Mega Solar)	30.1-45.8	稼働年数 20 年
太陽光 (住宅)	9.9-20	稼働年数 35 年
太陽光 (Mega Solar)	12.1-26.4	稼働年数 35 年
一般水力	10.6	
小水力発電	19.1-22	
Biomass(木質)	17.4-32.2	
Biomass(石炭混焼)	9.5-9.8	
Gas Cogeneration	19.7-20.4	稼働年数 30 年
Gas Cogeneration(熱利用)	10.6-10.9	熱の利用を考慮すると単価は約半分となる
Oil Cogeneration	22.6-24	稼働年数 30 年
Oil Cogeneration(熱利用)	17.1-18.1	稼働年数 30 年
燃料電池	109.3-109.6	稼働年数 10 年
燃料電池 (熱利用)	101.9-102	稼働年数 10 年

燃料電池	18.7－19.3	2030 年の予測、稼働年数 15 年
燃料電池（熱利用）	11.5－11.8	2030 年の予測、稼働年数 15 年

表 3 発電単価（内閣府 原子力委員会「Cost 等検証委員会報告書」より）

表 3 は各 energy の発電単価の試算例を示している[34]。発電単価は稼働率、稼働年数、そして輸入燃料に依存する場合は燃料単価や為替に強く依存し不確定さを含んでいるものの、概して原子力、石炭、LNG、地熱、一般水力が有利である。この試算の原子力の単価は事故の補償を考慮しているが、あくまでも推定額を基にしており、将来的に発生する cost を考慮すれば上限を定めることができていない。

2.2. Energy 戦略の目標

Energy に対して戦略が必要であるのは、獲得可能な energy 資源が有限であり多様であることにある。また図 3 に示すように、一次資源から energy を獲得し、利用するまでの life cycle において我々に不都合なことが存在していることにもある。このため energy の取り扱い上の戦略が必要となっている。

今日 energy は特殊な場合を除いて変換可能であり、電気 energy にして伝送し、蓄積することができる。電気 energy にすれば光（照明）、熱（加熱、冷暖房）、動力等として利用することができ、その過程では安定性の問題がある。例えば太陽 energy や風力発電では気象に左右される。原子力を使う場合、原子炉の運転を継続すると、人体に悪影響の

ある放射性廃棄物が増えるので安全性が問題となる。風力発電機や solar panel による発電では効率が悪く発電 cost が高くなり、投入した資金を回収するには長期間を必要とする。原子力発電では原子核反応の制御が難しく、これまで運用において多くの事故が報告されている。変換に関して言えば、変換損失のない変換はない。また遠方に送電すれば送電損失が大きくなる。燃焼により排出される gas に二酸化炭素が含まれていれば地球温暖化の原因とされ、石炭や石油には硫黄が含まれているので脱硫をしないと大気汚染の問題になる。石油、天然 gas、石炭、Uranium は枯渇資源でありいずれはなくなる。

以上のように energy を検討する場合に懸念される事項は多岐に亘っており、ここで全てを網羅することはできないが、懸念事項全てについて検討が必要であることは確かである。Energy security 確保の要求からは少なくとも特定の energy 資源に強く依存することは取るべき選択でない。むしろ多様な energy 資源を組み合わせ、全体として energy system をとらえるのが良い。

以下では代表的な一次 energy 源と energy を取り出す手法、energy の利用に関する主要なものを概観し、将来の可能性を示す。

- ・安定性
- ・安全性
- ・Cost
- 懸念事項：
 - ・技術面の難易度
 - ・変換、保存、輸送、伝送の効率
 - ・自然環境に対する負荷
 - ・将来の持続可能性

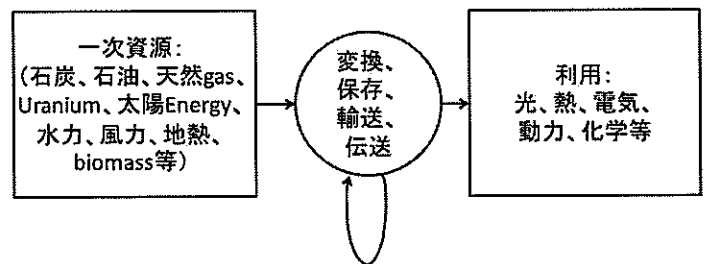


図 1 Energy の lifecycle

3. 多様な energy 資源

3.1. 原子力

多くの原子炉では天然 uranium の 0.7% を占める uranium235 を燃料として利用する。この場合原子核分裂反応により放出される energy を熱 energy として取り出し、高温の蒸気などで発電機 turbine を回して電気 energy として取り出している。現在国内の原子力発電所はこのようなくみの軽水炉であり、原子核反応により放出される energy のうち約 30% 程度を利用する。残りの energy は冷却水により海（海外では河川も）に廃棄しており、他の発電に比較して energy の変換効率は低い。発電所の大型化に伴い大量の温廃水を海洋投棄するので日本では周辺海域の漁業に深刻な問題を与えている事例がある。原子力発電所は人口密集地から離れた場所に設置されるので消費地までの送電損失が相対的に大きくなる場合が多い。原子核 energy は燃焼などの化学反応に関与する energy に比較しておよそ 300 万倍程度大きく、この energy 密度の高いことが特長であり発電単価に寄与している。核分裂反応後の崩壊生成物は安定するまで長期間に亘り崩壊熱を出し続けるので、原子炉を停止した後も確実に燃料を冷却しなければならず、そこに安全性の問題が存在する。化石燃料に比べて安いとされているが、放射能汚染や原子炉の損傷事故が発生すると結果として膨大な cost が必要となり、採算がとれなくなる。二酸化炭素を原因とする地球規模の温暖化対策として原子力は clean energy であるとして期待されていたが、実際発生した事故による放射能環境汚染は広範囲に長期間に及び、必ずしも clean energy であるとは言えなくなってしまった。日本のような国土面積が小さく人口密度が高くかつ地震や津波の発生頻度の大きい環境では実際に起こり得る事故の risk を許容できないとして脱原発の気運が高まっている。

原子炉内部は極めて放射線密度が高く原子炉とその周辺の構造物は放射線により次第に強度が劣化する。米国では原子炉の寿命を 40 年としており、国内の稼働している原子炉は 1970 年台に建設されたものもあり、次第に健全性について吟味が必要になる。原子炉を運転し廃炉にすると大量の放射性廃棄物が発生し、その処分は将来に先送りされているという重要な問題がある。

Uranium は有限な天然資源であり、いずれ枯渇すると見込まれている。そこで uranium235 を原子核反応として燃やした後に得られる放射性廃棄物中の plutonium を再処理により取り出して燃料とし、再利用する高速増殖炉（核燃料 cycle）が考案された。実用運転ができれば燃料の再利用効率は極めて高くなる。しかしながら実用化のしきいは高く、実験炉「もんじゅ」は sodium 漏出事故を起こし、再稼働の目途は立っていない。

原子力 energy を今後利用するには、安全性の問題と核廃棄物の処分の問題を解決する必要がある。原子力発電に関わる基本技術は概ね 40 年以上前の技術であり、熱回収効率を上げる技術開発の可能性は残っている。現状多くの原子力発電所で利用されている軽水炉とは異なる原子炉もあり、既に評価の進んでいる高温 gas 炉の安全性の確認等その可能性を研究・開発する必要がある[36]。

3.2. 化石燃料の資源

化石燃料は地球の歴史の中で古い時代の動植物が地中に堆積したもので、有限な資源であると考えられている。表 3 は石炭、天然 gas そして石油の長所と短所を示している。

化石燃料の形態	長所	短所	あるべき方向性
石炭 (可採年数)	可採埋蔵量大 安価	二酸化炭素排出量大	・二酸化炭素回収技術開発 ・高能率発電技術開発

119 年)	世界的に遍在 供給の安定性		
天然 gas (可採年数 63 年, 非在 来型:160 年)	二酸化炭素排出量小 非在来型資源 (shale gas, tight gas, coal bed methane, methane hydrate) の将来性	液化等輸送 cost	・ 高能率発電技術開発 ・ 二酸化炭素回収技術開発 ・ 資源開発 ・ 投資
石油 (可採年数 45.7 年)	高 Energy 密度 取扱い容易	供給の不安定性 脱硫などの処理 価格	・ 依存度の低下

表 4 化石燃料の比較

【第 214-1-5】 発電設備容量の推移 (一般電気事業用)

石炭は化石燃料の中で最も豊富な資源で古くから燃料として使われている。1970 年代までは火力発電を支えてきたがその後石油と原子力の時代になり構成比率が小さくなった。しかし最近の電力需要の増大に対して天然 gas とともにその需要を支える燃料として利用が拡大している。石炭は比較的価格が安定しており、地理的にも遍在し、さらに可採年数も長いことから将来の新たな energy 時代へのつながりの base load 用途の energy として期待できる。二酸化

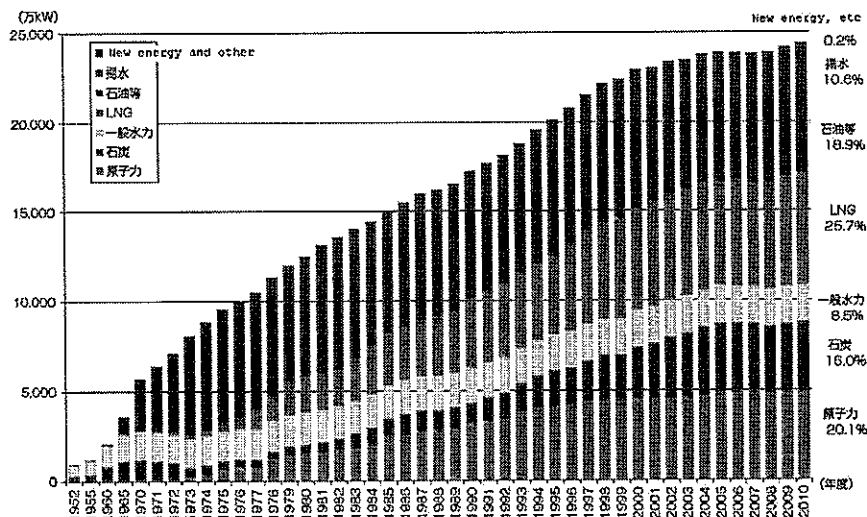


図 2 発電設備構成の変化

炭素の排出量が多いのでこれに対策するならば二酸化炭素回収・貯留 (CCS: Carbon dioxide Capture and Storage) の技術開発が重要である。日本では未だ本格的に CCS を実施できる状況ではなく、将来的に CCS を導入するとしても cost への反映と環境への影響が未知である。長期的には脱炭素を目標とすべきである。

天然 gas は相対的に二酸化炭素の排出量が少なく、発電設備を比較的容易に導入できること、また電力需要の変動に対して機動力があること等から peak load を含めて利用が期待される。

天然 gas 資源として shale gas、tight gas、coal bed methane 等のいわゆる非在来型資源の開発が近年進んでおり、在来型を含め可採年数は 160 年との試算もある。米国では頁岩 (shale) 層からの gas 採掘量が増加しており、他の地域でも非在来型天然 gas の埋蔵が確認されていて天然 gas 黄金期到来との期待がある[2]。非在来型天然 gas の採取に際しては環境への影響について不確実であり、今後留意する必要がある。この点において、石炭の選択可能性を多様性として考慮するのが良い。尚、非在来型資源でもある methane hydrate の存在が日本近海その他確認されているが、資源として効率よく採取できる目途は立っていない。

石油は oil crisis 以来、その依存度が抑制されており可採年数も比較的短いこと、また価格が比較

的高いこと等から energy としての将来性はあまり期待されない。

電力需要に対して安定的な供給を考えると化石燃料に大きく依存せざるを得ないが、原子力発電を代替できるためには cost や二酸化炭素の排出の問題についての見通しを確認する必要がある。化石燃料の利用は燃料電池としての利用を除いて、燃焼することにより熱力学的な仕事を発電に使う。発電 cost や二酸化炭素の排出量は燃料の燃焼効率、燃焼技術に依存するので次に燃焼技術の可能性を確認する。

3.3. 燃焼技術

従来火力発電所で重油、石炭や天然 gas を燃焼し boiler で蒸気を発生させて発電する汽力発電を行うところが多い。水を高温で沸騰させ蒸気 turbine を回す方法は、軽水炉による発電にも使われている。このような熱力学的方法で大きな効率を達成するためには高温で仕事をする必要がある。最近では内燃機関で高温において燃焼しそこで仕事した後に排熱で再度蒸気 turbine を回す combined cycle が使われている。将来は更に高能率にするために燃料電池を使い発電することが想定されている。更に残った熱を冷暖房に使えば利用効率は一層向上する。

3.3.1. 超臨界圧火力発電

高能率を得るために boiler からの汽水を臨界圧（温度 566℃、圧力 24.1MPa）あるいは超々臨界圧（USC：Ultra-Super Critical steam condition、温度 593℃以上、圧力 24.1MPa 以上）より高くする手法が開発されており、40%以上の効率を得ている。さらに次世代超々臨界圧発電（A-USC）では 700℃級で 46%、800℃級で 49%の高効率が得られる。

3.3.2. 石炭 gas 化発電

石炭は世界的に埋蔵量が大きく低価格であることから近年火力発電の多くの割合を占めている（図 4）。古くは煤塵や廃 gas の問題があったが、先進国ではこれらの問題は克服され、現在高能率化の開発が進んでいる。石炭を gas 化して精製し、gas turbine を回した後に排熱を回収して蒸気 turbine を回す石炭 gas 複合化発電 IGCC の発電 plant（後述）も国内で稼働している[4]。IGCC の plant によっては CO₂ の回収も行い、環境負荷を低減しようとしている。

将来的には IGCC にさらに燃料電池を付加して効率を上げる石炭 gas 化燃料電池複合発電（IGFC：Integrated coal Gasification Fuel Cell combined cycle）が考えられており、55%を超える効率が得られる予定である。更に次世代型 IGFC（A-IGFC）は改質 gas 化炉に gas turbine または燃料電池の排熱を再利用するもので、65%の高効率が期待されている[7]。

3.3.3. Combined cycle 発電（複合化発電）

天然 gas の汽力発電においてまず gas turbine で燃焼させ、その排熱を boiler で回収して蒸気を発生させ、再度蒸気 turbine を回して能率を向上させることができる。新しい技術により高温での燃焼が実現し、能率として 1100℃級で 47%、1300℃級で 55%、1500℃級で 59%、1600℃級で 61%と公表されている[3]。

発電用 gas turbine の燃料として天然 gas、naphtha を用いるもの、石炭を gas 化炉で処理して得られた gas を用いる（IGCC 前述）ものがある。

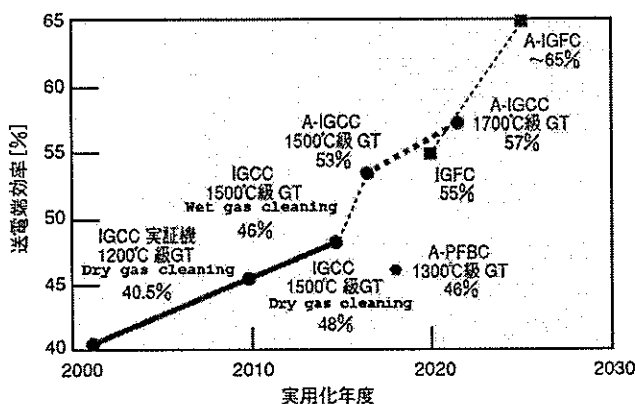


図 3 石炭燃焼技術の見通し

東京電力は2012年6月から7月にかけて、鹿島火力発電所において gas turbine 発電機 (26.8 万 kW x 3, 合計出力 80.4 万 kW 1300℃級) を、千葉火力発電所で同様に 100.2 万 kW (33.4 万 kW x 3 台) の運転を始めている。さらに2014年7月までにこれを combined cycle 方式に変更して鹿島火力発電所で合計出力 124.8 kW (41.6 万 kW x 3 台、熱効率 57%)、千葉火力発電所で合計出力 150 万 kW (50 万 kW x 3 台、熱効率 58%) の恒常的な電源とすると発表している[12]。

3.4. Cogeneration

Turbine や boiler を使い電気 energy として変換された後の排熱をさらに冷暖房などの用途に使うことができる。例えば、病院や hotel 等冷暖房の需要があるところでは小型の micro gas turbine で発電し、その排熱を冷暖房に利用することができる。また、電気と熱を利用する産業の用途でも使うことができる。また、複数の施設で共同利用する地域型の用途もある。前述の combined cycle は cogeneration のひとつである。

Cogeneration の多くは電気 energy として取り出した後の排熱を冷暖房に使う取り組みであり、energy を無駄なく利用する最も良い利用方法である。Energy を効率的に利用するには cogeneration を利用する施設の energy 利用特性を十分検討した導入が必要である。都市 gas を利用する gas cogeneration が一般的であり、電力需要と熱需要、また季節や時間帯による需要構成を検討し、電力不足分は買電するよう構成する。Cogeneration による熱効率は電気に約 20~45%、熱に約 30~60%、利用困難な廃熱は 10~30%程度とされている。

図6は民生用 cogeneration の導入件数を示しており、大規模な設備、複合設備への導入が進んでいることがわかる。また産業用の導入では熱と電気の双方に需要がある事業で導入が進んでいる[15]。

3.5. 燃料電池(fuel cells)

水の電気分解の逆の process を用いて発電するのが燃料電池である。通常は水素と空気中の酸素を使う。水素は地球上にありふれた元素であり、酸素と反応して水を生成するので環境への心配がない。家庭用燃料電池の場合、水素として都市 gas や LPG を改質して使うことができる。水素の代りに酸化できるものであれば電流を流すことができるので、一酸化炭素 CO や ammonia NH₃ などでも発電することができる。また酸化剤として過酸化水素や塩素などを利用することもできる。燃料電池の反応は発熱反応であり、発電とともに熱を利用することができる。電気と熱を利用すると 95%程度の効率を得ることもできる。都市 gas を使った燃料電池による電気と発生する熱を給湯に使う cogeneration の家庭用 system は日本国内で enefirm と呼ばれており、既に gas 供給会社から販売されている。燃料として都市 gas の他、LPG や灯油を使うものが製品として市場に出ている。

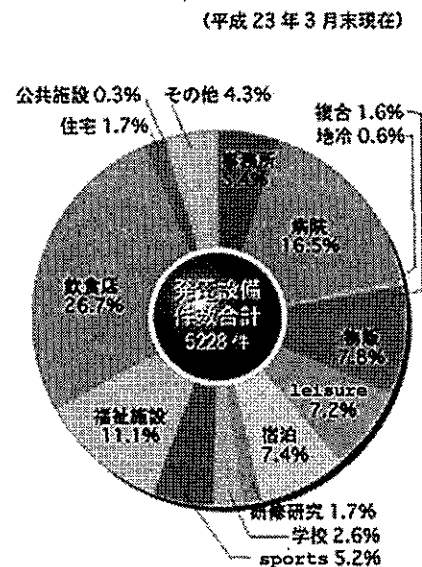


図 4 Cogeneration の民生利用

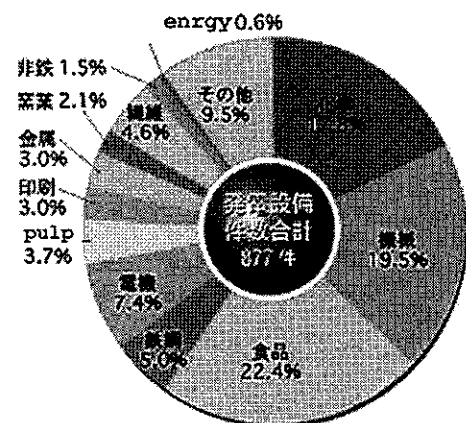


図 5 Cogeneration の産業利用

家庭用燃料電池の他、実用化されているものは携帯電話の充電器から 10 万 kW 級の工業用まで様々な用途と規模のものがある。前述 3.3.2 のように IGFC では石炭 gas 化炉により得た gas を燃料電池として用いることにより高効率を得ようとしており開発が進んでいる[16]。

	個体高分子形 (PEFC)	phosphoric acid 形(PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体電解質形 (SOFC)	Alkaline Fuel Cell(AFC)
燃料	都市 Gas, LPG	都市 Gas, LPG	都市 Gas, LPG, 石炭	都市 Gas, LPG	水素
電解質	Positive ion 交 換膜	Phosphoric Acid	Lithium carbonate, Potassium carbonate	stabilized zirconia	Alkali 電解液
温度	常温～90℃	約 200℃	約 650℃	約 1000℃	20～150℃
発電出力	～50kW	～1000kW	1～10 万 kW	1～10 万 kW	小型発電
発 電 効 率 (LHV)	35～40%	35～42%	45～60%	45～65%	70%以上
用途	家庭用、小型業 務用、自動車 用、携帯用	業務用、工業用	工業用、分散電 源用	工業用、分散電 源用	宇宙船、潜水艇
実用化	各種製品あり	100kW 製品あ り	研究段階	各種製品あり	実用化

表 4 燃料電池の種類 [15、20]

燃料電池は既に導入が進んでいるが、今後大容量で高効率のものの開発が進むものと期待される。

3.5.1. 燃料電池車 (FCV:Fuel Cell Vehicle)

Energy の最終消費に占める運輸部門の割合は約 24%であり、その内約 90%が化石燃料を使う内燃機関を動力としている。その結果二酸化炭素排出量の 16%が自動車から排出されている。このため、自動車製造会社は gasoline engine や diesel engine の利用から化石燃料に依存しない燃料電池車の普及を促進している。燃料電池を搭載した自動車は既に実用化しており、実証用の水素 station が国内に約 10 か所設置されている。2011 年 1 月大手自動車 maker 3 社と gas 及び石油供給会社 10 社は 2015 年に国内で約 100 か所の水素 station を整備する声明を出した[18]。また大手自動車会社はこれに合わせて燃料電池車の販売戦略を公表している。米国と欧州においては水素 station が設置され始めており、日本、欧州、韓国、米国の複数の自動車会社が燃料電池車を製造している。燃料電池車は量産化が進めば価格も低下するものと期待される。

3.6. 水素 energy

水素は地球上にありふれた元素であり、環境への負荷が小さいので脱炭素の転換 energy として期待される。燃料電池の燃料として自動車などの移動体で利用する場合には水素を高圧 tank に入れて搬送している。この方法では高耐圧でそれなりの大きさのものを使うことになるので輸送や貯蔵の利便性が良くない。そこで水素を気体で扱うのではなく、金属に吸蔵させる方法や、有機 hydride を使う方法が実証されている[6]。有機 hydride は常温で液体の methylcyclohexane や decaline などの石油系の水素化物であり、水素を多量に貯蔵する性質がある。水素を取り出した後

は再利用できるので、この性質を使い、燃料電池を使う自動車などで従来の燃料などと同じように取り扱うことができると期待されている。

水素は工業的には各種の方法で生成できる多様性がある。家庭用では都市 gas や LPG の改質から得る水素を用いることができる。その他、biomass gas を改質して水素を得ることができる。また、余剰電力を用いて電気分解により得ることもできるので energy の蓄積手段としても利用できるようになる。太陽 energy から水素を生成する基礎研究が進んでおり、energy 媒体として将来の可能性がある。

3.7. 再生可能 energy

再生可能 energy のうち energy として期待できるものを表 2 に示している。発電には太陽光発電、風力発電、biomass 発電、中小規模水力発電、地熱発電などがあり、熱利用では太陽熱利用、温度差熱利用、biomass 熱利用、氷雪熱利用などがある。国内では政府の「再生可能 energy の固定価格買取制度」が開始した[8]ことから再生可能 energy による発電の民間への導入が促進されている。しかし今後の展開において地熱発電以外は cost の面で有利でない（表 3）。

3.7.1. 太陽光と太陽熱

地球が太陽から受ける energy は太陽活動による変動はあるものの約 1360W/m^2 程度ある。地表では受光面の角度、大気による吸収、気候などの影響で energy は低下する。太陽 energy は光 energy として利用する方法と輻射熱を利用する方法がある。光 energy を光電変換して電気 energy にする（PV: Photovoltaic power generation）には普及している太陽光 panel を用いる。設置の場所を選ばず、規模に依存しないで一定の効率を得ることができる利点がある。普及している panel の変換効率は約 15% 程度と低く、変換効率を向上する開発や製造技術開発も進んでいる。太陽光を集光して高温を得る太陽炉を用いた発電もあり、既に商用化されている例がある。蓄熱の仕組みを用いて光がない時でもある程度発電できるような仕組みを有する設備もある。

太陽熱の利用は極めて容易で乾燥用途など古くから利用されている。家庭での利用方法として太陽熱温水器や暖房、証明等への利用を推進するのが良い。

3.7.2. 風力

日本国内における風力発電の導入は諸外国に比較して規模が小さい。導入に際しては年間の風量が効率となるので適地があり、陸上では新たな開発の余地は少ない。台風による強風や落雷により blade が破損することがあり、また風車からの低周波振動などの問題がある。風車は流体力学的に効率の良い構造を目指して改良の余地がある。

3.7.3. Biomass

Biomass は動植物の有機廃棄物であり、木質系、農業系、畜産系、都市ごみ系などに分けられる。発電には廃材を直接燃焼して発電を行うものや、発酵や熱化学的処理で生成する gas や液体を使う方法がある。発酵で生成した methane をもとに燃料電池で発電することもできる。Biomass は多様であり、工夫して energy を取り出す余地が大きい。Biomass は自然 energy に比べ貯蔵や発電の制御ができる利点がある。

3.7.4. 中小水力

中小水力発電は初期投資が大きく、既に開発の余地が小さく立地条件の良い場所の確保に難点がある。

3.7.5. 地熱

地熱発電は稼働率が高く風力発電や太陽光発電に比べ安定しており、再生可能 energy のなかで

唯一 base load power として用いることができる。最近の開発資源量は約 53.5 万 kW であり、開発可能な資源量は 2500 万 kW との見積もりがある[23]。全て開発できれば原子力発電所 20 基余りに相当する。地熱発電は日本では本来設置可能な設備が多くてもよいが、国立公園などの利用規制により導入が進んでいない。地熱発電には、地下から取り出した蒸気で turbine を回す蒸気発電と、中低温の泉源で熱水しか得られない場合に水よりも沸点の低い媒体を使う binary 発電がある。温泉熱など比較的低い温度の領域の熱を Kalina cycle を用いて取り出す温泉発電が実用化している。また地下の高温岩体を探査し、水を注水する空間を確保することにより熱を取り出す高温岩体発電の実用化研究が進んでいる[21,22]。日本国土には火山帯や温泉が多く、今後の開発可能性が大きい。

3.8. Smart grid

小型太陽光発電装置を導入して売電している多くの場合、電力の需要者であるとともに供給者でもある。発電量が不安定な自然 energy を含めて多様な電力供給源と需要先とを双方向通信により制御し、電力供給の全体最適化を行うことは今日及び将来の情報通信技術を使えば可能である。現状では実現に向けて電力計 (smart meter) や protocol, cyber security 等解決しなければならない課題があるが、関係する業界団体は実用化に向けての取り組みを行っている[26,33]。海外では smart meter を導入する事例があり、国内電力各社は導入の実証実験を進めている[32, 33]。国内各電力会社での導入の主目的は検針の自動化と 30 分間隔程度の電力消費の把握である。将来は事業者や家庭内の電力の需要・供給の制御も smart grid に接続して実現されるようになることが想定されている。

電力の需要・供給の最適化だけでなく、地域で導入の cogeneration においては電力と熱の需要と供給の間の最適化を行う smart energy network も導入されつつある[24,25]。Energy の需要と供給は家庭や事業体、地域から広域に亘る階層的な構造において最適化される方向性を取るべきである。

3.8.1. 蓄電池

不安定な再生可能 energy を電気として蓄電池に蓄積すれば、必要な時間に利用することができる。また蓄電池を使えば余剰電力を有効に利用することもできる。電気自動車では比較的大きな蓄電池を搭載しているので、その蓄電池を使い家庭での電気需要の調整に組み込むこともできる。家庭用 energy 管理 system (HEMS: Home Energy Management System) は家庭内の energy の需要と供給を sensor 等を用いて把握し制御することにより合理的に energy を管理しようとするもので、蓄電池は電力需要の平滑化に寄与する重要な構成要素である。自然 energy を蓄電池に蓄積する場合と違い、夜間の余剰電力を買電して蓄電する場合、供給側の都合の良い時間帯に蓄電できるのが良い。供給者も含めて全体として需要量を平準化できるように制御することが合理的である。HEMS だけでなく Smart grid において蓄電池は需要と供給の平準化を実現するために重要な役割を果たすことになる。蓄電池についてはより energy の高密度化と低価格化を目指した技術開発が期待される。

3.9. 省 energy 技術 (Energy Saving Technology)

Energy の消費量を削減することは、将来の energy を生み出すことに相当する。従来技術のなかで energy の消費量を削減しようとする工夫や技術は多岐にわたっている。自然の法則を利用する技術には energy の消費が関係しているので、技術士の関係する技術の応用分野の多くにおいて多少なりとも energy の削減目標を設定して実現することができる。例えば、消費電力の削減技術、

装置等の軽量化、摩擦抵抗を減少する技術、process への最適化手法の適用、最新の省電力素子や機器への代替、断熱材や反射材の技術と導入、構造物の熱流の最適化、cogeneration の導入等がある。Energy saving technology は比較的应用が容易であるので、短期的な戦略に含めて実施すべきである。長期的には Smart grid は大局的な省 energy 技術であると言える。また今後新たな都市計画や大型建造物から個人住宅にいたるまで、人の活動空間を構想する場合、電気 energy を含めて energy の需要と供給の最適化を吟味することが重要であり、技術分野の異なる専門家の連携により全体として省 energy を検討する必要がある。

3.10. 低炭素から脱炭素への目標

Energy 需要の全体を再生可能 energy とすることが望ましいが、将来に亘って日本では実質的に困難であり、当面は従来以上に化石燃料に依存せざるを得ない。また原子力 energy を再度利用するとしても廃棄物処理も含めて安全性の問題が解決していないので大きく依存することは期待できない。化石燃料は結局のところ枯渇資源であり、化石燃料を高効率で燃焼する低炭素を実現する一方で、脱炭素の目標に向かった技術開発を推進すべきである。

	当面目標	中期目標	長期目標
	導入容易な対策	既に見通しのある技術の応用	実現可能性の高い技術の応用
目標	省energy	低炭素	脱炭素
化石燃料	天然gasの高効率発電、cogeneration	石炭の高効率発電、二酸化炭素回収	脱化石燃料、水素へ転換
原子力	軽水炉への低依存度	基礎研究、放射性廃棄物処理の目途	中規模、安全性の高い原子炉、水素製造
再生可能 energy	規制緩和、投資	太陽energy大規模利用	水素farm
水素	燃料電池の普及	水素の安定供給	水素社会

図 6 戦略の中長期目標

脱炭素時代を実現する最も有力な手段が水素であり、3.5.1 や 3.6 で述べたように既に実用化の域に達している。今後は水素社会への移行を大きな目標にして推進するのが妥当である。

4. 戦略を考える際の要件

4.1. 原子力発電所の事故からの教訓

4.1.1. 原子力基本三原則

日本の原子力開発は原子力基本法に民主・自主・公開の原則を基本方針として定めて始まっている。この背景には、原子力の取り扱いが極めて難しく安全性の確保が難しいこと、そして平和利用の目的に限定するとの意図がある。ところで今回の福島第一原子力発電所の事故は人災であるとされている[11]。Severe accident に際して取られた運用手順が不適切であり、結果として原子炉の破損に至ったとされている[38]。津波に被災した他の原子力発電所が手順に従い冷温停止に至ることができたので、これを技術の問題と捉えないで技術面では安全であるとする考えもあり得るが、自然の法則を利用して energy を取り出す engineering には安全性に対する十分な配慮とその engineering を統制する governance が必要であり、とりわけ制御の難しい原子炉の運転ではそうである。福島の事故では政府にも東京電力にもその management と governance の構造に問題があったと言っている。人災の根本原因は、複雑な system を管理できないという行政と会社側双方における脆弱性にあったのであり、とりわけ重大な事態に際して正しい判断ができないという risk を将来に亘って対策できる見込みは明らかにされていない。既に遅きに失することであるが、可能性としては原子力三原則に立ち返って積極的に情報公開することにより関係者からの批判を受けることである。規制当局も原子炉運用側も厳しい外部の批判に晒されれば人災は結果として防ぐ

ことができるかもしれない[28]。将来原子力発電所が再稼働するとしても、技術面の安全対策の確認だけでなく、事故の根本原因に基づく対策が明確にされる必要がある。本来原子炉は severe accident に際して十分安全に停止するよう設計されているはずであり、その仕組みが正しい手順で運用されることも技術面の安全性の問題として認識されるべきである。

4.1.2. 不確実な risk への対応、安全性と cost の問題

政府と電力会社は原子炉に考慮された幾多の安全対策が機能するので原子炉は安全であるとしてきたが、想定外の事象の発生で安全対策は機能しなかった。今回の事故は想定されている最大の津波の高さの問題ではなく、発生の可能性が極めて小さい事象に対する risk の考え方の問題である。これまで経験のない想定事故については再度吟味され対処される必要がある。

一般に risk based approach では想定されるあらゆる脅威と脆弱性を洗い出し、それらの発生頻度の積から risk を算出する。risk が許容される水準より大きい場合には cost を投入して安全対策を取る。そしてあらゆる risk が受容水準以下になるよう対策し、残留 risk として risk を受容するのである。この approach は脅威や脆弱性の発生頻度が経験的に既知の場合には有効であり、より安全性を求める場合は対策に cost を投入し、それに応じた risk を受容するという考え方である。このような考え方は今回の事故に適用できるのであろうか。今回の大地震に伴い原子炉の安全性確保のために対策されている冷却機能や電源は結局機能できずに事故に至っている。今回の事故は事前に事象の発生を予測できないという根源的な問題を含んでおり、安全性と cost の比較考量 (balance) の問題として扱うことができない。極めて深刻な事象にはむしろ原子炉 plant の設計方針や安全性確保の基本方針あるいは設計思想の問題として対応する必要がある。損害賠償から廃炉に至る cost を含めた total cost は東京電力一社の財務能力をはるかに超え、国家からの資金投入により事実上国営会社になるに至っている。未だに廃炉を含めた cost の目途も立っていない。安全性と cost の balance の問題として扱えないもうひとつの理由がある。原子力発電 plant における事故において放射能汚染が発生するような場合、受ける放射線量が一定以上であれば何らかの健康被害を確率的に発生させてしまう。放射能による健康被害の程度は社会全体としては確率事象として理解され得るかも知れないが、健康被害を蒙った個人にとっては cost と balance の問題として受容され得るものではない。それは放射能汚染地域に居住する住民の居住権が侵害されていることについても同様である。

原子力開発に関わらず、新しい技術の導入に際しても環境への影響や安全性の評価を十分に行い、民主・自主・公開の原則に従うのが有効と考える[28]。

4.1.3. 原子力の将来

原子炉を運転すると次第に放射性廃棄物が増加していくがその最終処分は将来に先送りされている。この問題の解決なしに将来に亘って原子力発電の可能性は小さい。今回の福島第一原子力発電所 4 号機の事故では、使用済み核燃料が原子炉建屋に一時的に大量に保管されていてそのことが極めて厳しい安全上の問題となっている。NRC 米国原子力規制委員会は 4 号機の事故から、最終処分の問題が明確になるまでは新規と継続の許可を保留するという決定をしている。今回の大規模な事故による汚染地域での焼却灰やそして除染と廃炉に伴う放射性廃棄物の処分の問題もある。50 年前に議論されたように日本で三原則に基づき地道な研究と開発を行っていれば今回のような事故には至らなかった可能性がある[28, 29]。

Uranium を燃料として原子核分裂による energy を利用する方法では化石燃料と同じように枯渇資源への依存の問題があるものの今回の事故で原子力 energy の利用そのものが否定されるわけで

はない。既存の原子炉の将来性はともかくも、原子力 energy の利用では核融合によるものもあり核分裂によるものも含めて将来に亘って基礎研究は継続し、安全な energy としての利用を期待したい。

4.2. 二酸化炭素排出

今後再生可能 energy の導入量を増やすとしても当面は国内の energy 需要を安定的に賄うには大半を化石燃料に依存しなければならない。IPCC の報告書では現在進行している地球温暖化の原因は人類の活動によって増大している二酸化炭素にあるとしている[17]。各国は削減のための政策を打ち出し、そして二酸化炭素の排出枠を取り決めその取引も行われているところである。

地球の平均温度は二酸化炭素濃度だけでなく少なくとも太陽活動や地球規模の海流の振動、火山噴火などの影響、更に最近では宇宙線の影響も指摘されており、地球環境は極めて複雑な system である。その複雑な系の平均温度の上昇の主原因が二酸化炭素濃度の上昇にあることについて異論も多い。しかしながら少なくとも政策上二酸化炭素排出量は規制の対象であるので当面は削減努力が求められる。

化石燃料を利用する場合の二酸化炭素排出量の問題は、全体として energy 消費を削減すること、燃焼効率を向上させる技術を利用し燃料消費を削減すること、比較的二酸化炭素の排出が少ない天然 gas を使うこと、そして二酸化炭素を回収し貯留する技術 CCS の開発と導入を促進すること等により対策することができる[30]。

近年非在来型資源に関する技術開発により資源の取得が増加しているが、資源採取により地下水の汚染や gas の漏出の問題が起こっている。また CCS の場合、CO₂を地下に貯留するに際して gas の漏出や地震の影響などの安全性の問題が明確でない。いずれも十分な技術評価を行う必要がある。

4.3. 耐災害

東日本大震災を経験し、これまで想定されていた地震と津波の規模が不十分であったことから、南海 trough で発生するであろう地震（東海地震、東南海地震、南海地震）の規模が見直されている。南海 trough で巨大地震と津波が発生した場合、設備が被災することを想定すると、設備として規模は単体では小さく、分散配置し、そして機動力の高いものが良い。

4.4. Energy と倫理

Energy を取得するに際して最も憂慮すべきは環境に対する影響である。人類は地球上の自然環境に依存して生存しており、その環境に対して生存を脅かす影響を与えることは他者の生存権を侵害することになる。Energy の消費なくしてはもはや文明社会は成り立たず、地球上で他者と共存・共栄し、そして他者に対して不利益を与えないことがこの文明社会を持続するための条件である。枯渇資源からの energy にしても再生可能 energy にしても我々が考慮すべき事項がある。

1. 環境に対する影響を十分に評価すること。化石燃料や核燃料の採取から、利用し廃棄するまでの life cycle においてどのような環境への問題があるのかを吟味する必要がある。大気汚染、土壌汚染、水質汚染等の環境汚染や騒音・振動などの影響がある場合、その影響が及ぶ範囲で生活し、そしてその範囲の自然に依存して生活する人々の権利を侵害しないよう配慮しなければならない。二酸化炭素が原因であるとする地球温暖化は地球規模であり、大規模な原子力発電所の放射能汚染は少なくとも数百 km の範囲に及んでいる。
2. 将来に負債を残さないこと。原子炉の運転に伴う放射性廃棄物は高濃度のものは数万年程度の時間の間、その影響が人の生活に影響しないよう隔離・保管されなければならない。こ

の問題を先送りにすることは安全性の問題とともに子孫に負担を負わせることを意味する。また空気中の二酸化炭素濃度は確実に上昇しており、将来の気候変動に不確実な影響を残している。

3. 情報を公開すること。企業や行政機関には情報の守秘義務があり、安全にかかわる情報もその範囲であるとして公開に消極的であった。福島事故にしても過去の公害事件にしても情報の公開が不十分であった。企業や行政機関は、とりわけ安全に関わる情報については公益を優先して積極的に公開すべきである。

4.5. 人材育成

国家から地域、組織、家庭に至るまで energy の消費を削減し、需要と供給の関係を最適化する必要がある。このことは energy が management の対象であることを意味している。技術分野ではあらゆる領域で energy が関係しており、energy がなければ技術は実現できないと言っても過言ではない。そこで中核となるのは技術であり、その技術を実現する人材と energy を management する人材が必要となる。仮に原子力の利用を抑制するにしても、廃炉に向けて多くの技術者が長期に亘って必要になる。日本では少子高齢化や若者の科学・技術離れが進んでおり、若者が将来性を託することができる程の vision を含む戦略であることも必要であろう。今後は人材育成が重要となる。

5. 最後に

全ての技術者が国家の energy 戦略に直接関係する機会を持つわけではない。むしろ個別の環境下で制約された条件の下で独自の energy 戦略を考えなければならない。Energy は cost に直接関係するので技術者が専門領域において検討し創意工夫するには良い対象である。本論文は大局的な視点で特に発電とそれに関係する技術に焦点を当てて述べているが、個別の energy 戦略を検討する上でも参考になることを期待している。

6. 謝辞

本論文を作成するにあたり日韓技術士実行委員会委員の方々にはいろいろなお意見をいただき参考にしました。ここに感謝いたします。

参考文献

- [1] 「Energy 白書 2011」(平成22年度「Energyに関する年次報告」) 経済産業省
- [2] IEA 国際 Energy 機関、World Energy Outlook 2011.
- [3] TEPCO(東京電力株式会社), Home page. KEPCO (関西電力株式会社)、Home page.
- [4] Clean Coal Power Institute, <http://www.ccpower.co.jp/>
- [5] 電力中央研究所、TOPICS, 2011 11 Nov, Vol9, <http://criepi.denken.or.jp/research/topics/>
- [6] 北海道大学 市川勝。
- [7] 「日本の Clean Coal Technology」, 2006, 財団法人 石炭 Energy Center/NEDO.
- [8] 経済産業省, <http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/kakaku.html>
- [9] 再生可能 Energy 協会、<http://www.renewableenergy.jp/>
- [10] BP Statistical Review of World Energy, June 2011. <http://www.bp.com/>
- [11] 東京電力福島原子力発電所 事故調査委員会 (国会事故調) 報告書 2012 年 7 月 5 日
- [12] 東京電力 2012 年 7 月 12 日発表
- [13] 東京電力、東北電力、相馬共同火力発電、常磐共同火力 広報資料

- [14] 一般財団法人石炭 Energy Center
- [15] 一般社団法人日本 Gas 協会 <http://www.gas.or.jp/>
- [16] 電源開発株式会社 <http://www.jpowers.co.jp/>
- [17] 水素・燃料電池実証 project <http://www.jari.or.jp/>
- [18] 経済産業省 発表 <http://www.meti.go.jp/press/20110113003/20110113003-2.pdf>
- [19] 一般社団法人 日本熱供給事業協会 <http://www.jdhc.or.jp/>
- [20] 一般社団法人 日本電機工業会 <http://www.jema-net.or.jp/>
- [21] Japan Renewable Energy Foundation、 <http://jref.or.jp/>
- [22] NEDO Renewable Energy Technology White Paper(再生可能 Energy 技術白書)
- [23] 平成 21 年度 再生可能 Energy 導入 potential 調査 調査報告書、
環境省 地球温暖化対策課
- [24] 東京 gas 株式会社、<http://www.tokyo-gas.co.jp/>
- [25] 大阪 gas 株式会社、<http://www.osakagas.co.jp/>
- [26] IEEE 標準化委員会、 <http://standards.ieee.org/>
- [27] IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change、IPCC 第 4 次評価報告書、気象庁。
- [28] 第 071 回国会 科学技術振興対策特別委員会 第 11 号 昭和 48 年 5 月 9 日議事録、
(<http://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/syugiin/071/0560/07105090560011a.html>)
同 第 14 号 昭和 48 年 6 月 6 日議事録
(<http://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/syugiin/071/0560/07106060560014a.html>)
- [29] 第 031 回国会 科学技術振興対策特別委員会 第 6 号 昭和 34 年 3 月 4 日議事録、
(<http://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/syugiin/031/0068/03103040068006a.html>)
第 033 回国会 科学技術振興対策特別委員会 第 10 号 昭和 34 年 12 月 20 日議事録
(<http://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/syugiin/033/0068/03312220068010a.html>)
- [30] 経済産業省 「CO2 固定化・有効利用分野」
- [31] 「独逸の Energy 転換 - 未来への共同事業」安全な Energy 供給に関する倫理委員会、
訳文 経済産業省
- [32] 東京電力、関西電力、中部電力、九州電力、東北電力、北海道電力、北陸電力各社で
smart meter の導入実証実験が進んでいる。各社 home page.
- [33] 「次世代 energy system に係わる国際標準化に向けて」、経済産業省 次世代 energy
system に係る国際標準化に関する研究会、2010 年 1 月。
- [34] 内閣府原子力委員会「Cost 等検証委員会報告書」、平成 23 年 12 月 19 日
- [35] NRC 米国原子力規制委員会、2012 年 8 月 14 日 NRC Chairman Macfarlane 会見
<http://www.nrc.gov/homepage/features.html#3>
- [36] 独立行政法人日本原子力研究開発機構 <http://www.jaea.go.jp/02/press2010/p10122201>
- [37] 東日本大震災における gas turbine 設備の信頼性調査の調査研究結果、2012 年 6 月、
日本 gas turbine 学会
- [38] 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調） 報告書、
平成 24 年 7 月 23 日

一般家屋における太陽光発電量と Energy の将来展望

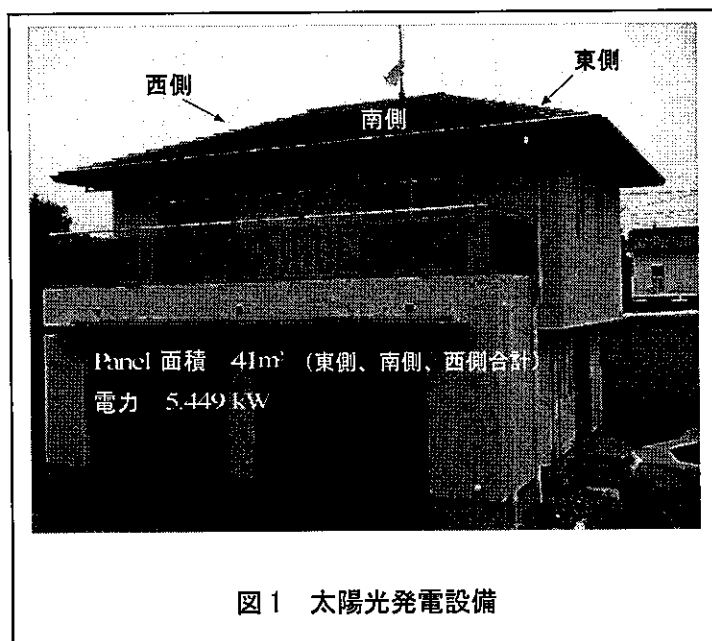
応用理学 稲垣 正晴

Abstract : Global warming and energy resource problems with fossil fuel depletion are pushing us to construct new energy-concerned strategies. Solar energy is one of the most expected power resources. There are many opinions with solar energy, optimistic and pessimistic. Qualitative and quantitative analysis has been made using the actual data taken from the solar panels deployed on a house roof over three months. The introduction of solar energy as main power resource has been predicted to be within realistic world despite that there still remain many problems to be overcome. Because the uncertain supply is an inevitable default of solar energy, other methods of power generation must be coped with. Especially nuclear power is the most important resource as a stable supplier of energy to fulfill its uncertainty.

1. 序

地球温暖化対策としての大気中二酸化炭素量の削減、また化石燃料枯渇による Energy 問題解決のために、太陽光発電は最も期待されている自然 Energy の一つである。従来の化石燃料のような集中型ではなく、分散型 Energy であるため、特定の発電所で集中発電して各家庭に配電するのではなく、各家庭自身が発電所になるという特徴を有する。

太陽光発電は、季節、緯度、天候、装置の効率等により変動することは当然であり、定量的にも類推が可能である。しかしながら、長期間に亘って一般家屋における生の Data を蓄積し、Parameter 変動の実際の振る舞いを紹介した資料は意外と少ない。ここでは、昨年 4 月に完成した太陽光発電家屋において、3 か月間連続的に取得した実 Data を分析した結果を紹介する。また、この Data を用いて、Energy の将来展望を定量的に概観する。



2. 太陽光発電設備の規模

使用した設備の太陽光発電装置は、2 階建て一般家屋の屋根の南、東、西の 3 箇所を設置した。家屋の場所は千葉県長生郡上総一宮町、この装置に予想される最大電力は 5kW、最大発電量は 4 kwh である。図 1 に設備の写真を示す。

3. 発電量の特徴

測定は常時自動的に行われており、ここでは 2012 年 4 月より 7 月までの 3 ヶ月間の Data を使用した。図 2

に発電量の変化を示す。測定期間における発電電力の最大値は常に 4kW 程度を示し、季節変動は見られない。しかし、真の季節変動は今後 1 年分の測定値を見る必要がある。

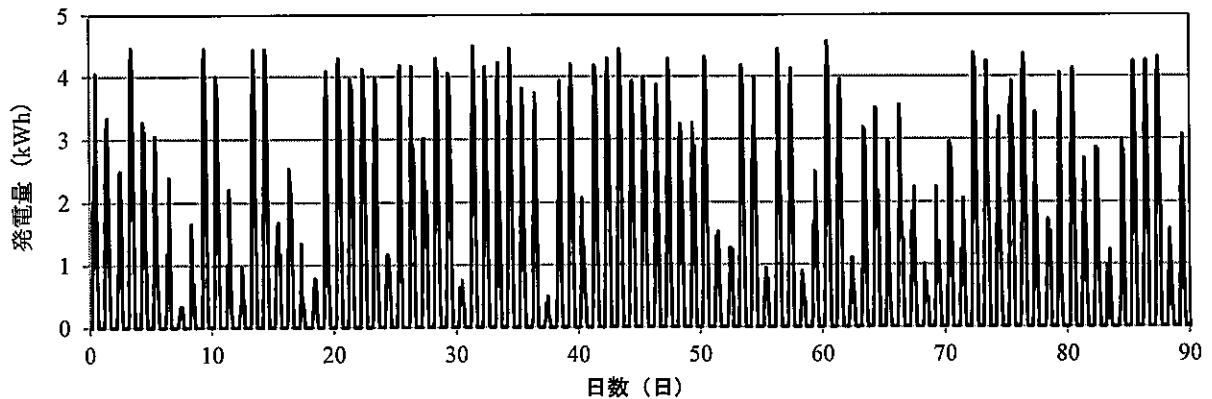


図 2 発電量の推移 (2012 年 4 月 14 日～7 月 13 日)

3.1 日変化

図 3～図 6 は、天候の違いによる発電量日変化を調べたものである。発電量は、太陽高度とともに増加し、平均的には 12 時が最大となる。気温の最大が 14 時頃であるのに対し、発電は太陽高度に直接依存することがわかる。晴天日は 4kW 程度を Peak にきれいな放物線状の変化を示す。曇天日と雨天日は絶対発電量が少ない。また、晴れたり曇ったり変化がある場合は不規則となる。当然のことながら夜間は全く発電されない。

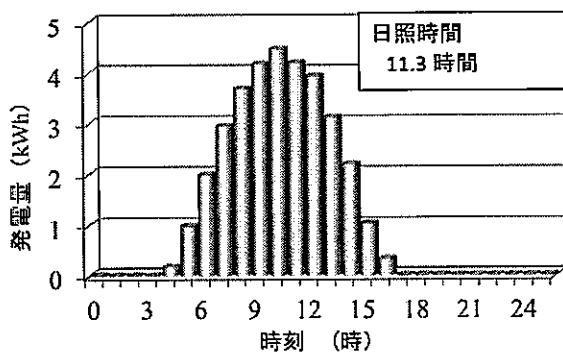


図 3 発電量日変化 (晴天日, 2012.5.19)

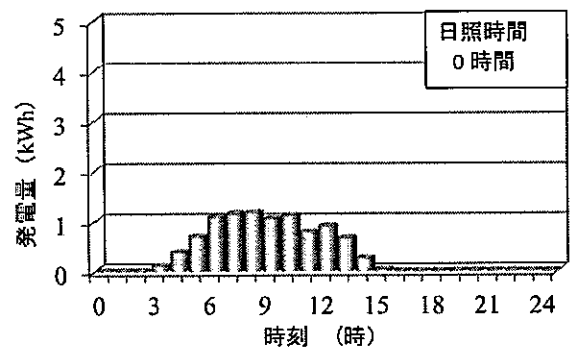


図 4 発電量日変化 (曇天日, 2012.5.9)

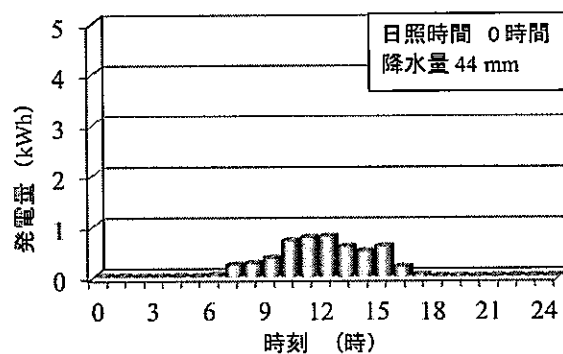


図 5 発電量日変化 (雨天日, 2012.5.3)

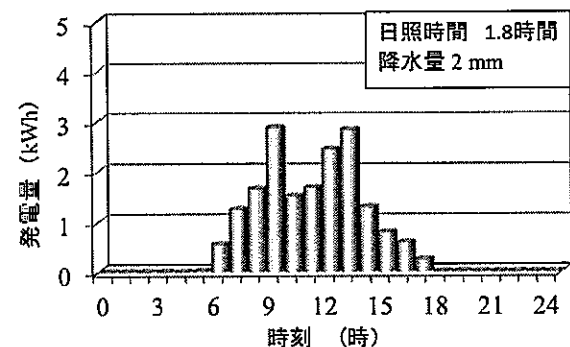


図 6 発電量日変化 (晴曇変動, 2012.7.6)

3.2 太陽光発電の特徴

太陽光発電の持つ特徴をここにまとめる。

- ① 発電は昼間のみに行われ、夜間の発電量は完全に Zero となる。
- ② 発電量は天候に大きく左右される。雨天・曇天日は十分な発電ができない。
- ③ 太陽高度により発電量は大きく変化するため、発電量日変化は定量化安定ではない。

4. 一般家屋の果たす役割

4.1 家庭における電力需要量に対する自給率

一般家屋の平均的電力需要曲線⁴⁾と当設備の実 Data を基にした平均的太陽光発電曲線を重ねて図 7 に示す。この需要曲線の元データは 2005 年の年間最大値⁵⁾のため、平均的値として最大値の 75%とした。電力需要は 24 時間途切れることはなく、夕刻後に Peak を示す。これに平均の太陽光発電曲線を重ねる。本設備の出力は 5kW であるが、戸建民家の平均的出力は 3kW 程度といわれているため、実 Data の 60%の値を採用した。

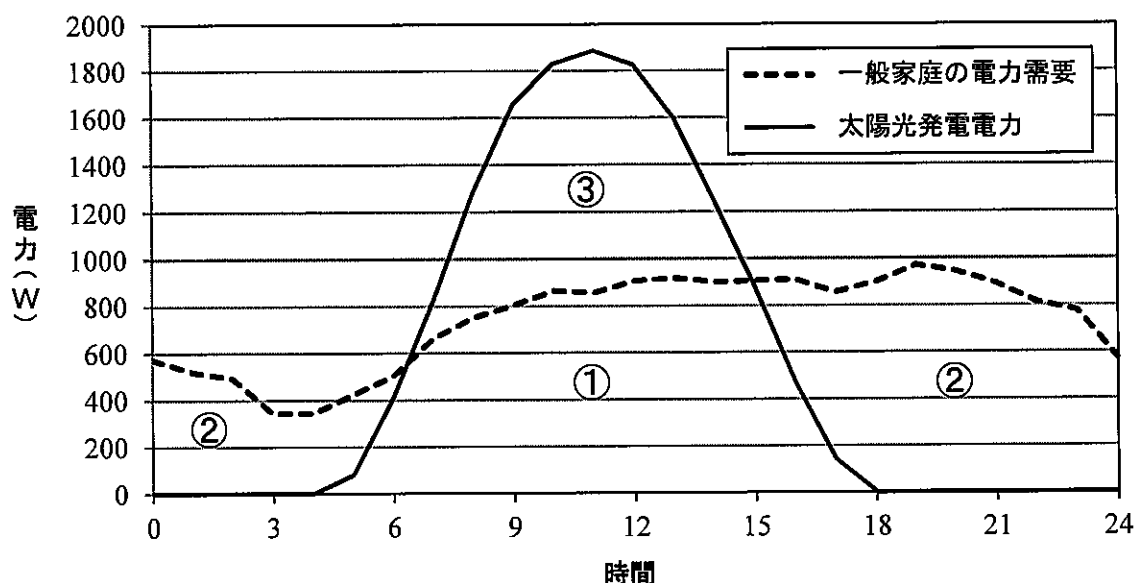


図 7 一般家屋における 1 日の平均的電力需要と平均的太陽光発電量

需要曲線と発電曲線が重なった部分は、①有効利用電力である。発電量が少ないか全くない夜間については需要が発電量を上回るため、他の電力からまかなわれなければならない(②)。昼間は③余剰電力があり、これは他の分野(産業など)に転用可能である。蓄電技術が十分に発達すれば、余剰電力を夜間の家庭用電力に転用することも可能である。

各領域の総電力量は、①8636 kWh、②9763 kWh、③5481 kWh である。家庭用電力の自給率は、 $8636 / (8636 + 9763) = 47\%$ と半分程度である。これは、明らかに発電と使用の時間帯が完全には一致していないことが原因である。③の電力が他の産業分野に利用可能であることを考慮すると、見なし自給率は 77%となる。したがって、各家庭の屋根すべてに太陽光発電設備を装備したとしても、家庭使用のみにたいする自給率は 100%には到達しない。

4.2 全分野における電力使用量に対する自給率

我が国の分野別電力使用量は、概ね、家庭：業務：産業：運輸＝5:5:8:2 の割合²⁾である。我が国の世帯数は約 5000 万⁶⁾、このうち集合住宅世帯はその 10%である。全ての戸建民家のみに太陽光発電設備を配備したとすると、全家庭の需要電力に対する自給率は、集合住宅分を除き、 $77\% \times 0.9 = 69\%$ となるので、全分野の電力需要に対する自給率は、 $69\% \div (5+5+8+2) \times 5 = 17\%$ となる。したがって、需要電力の 83%は他の Energy で賄う必要がある。他の Energy で有望なのは、同じ太陽光発電である Mega Solar や風力、Biomass 等の再生可能 Energy と、何よりも安定供給の可能な原子力発電と化石燃料である。将来展望としては、炭素排出量を削減したいところでもあるので、原子力発電がより好ましいものとする。

4.3 直接（非電力）使用 Energy も含めた自給率

特に産業や輸送分野では、電力を用いるのではなく直接化石燃料を燃やして Energy とする場合が多い。自動車 Engine などである。将来、水素燃料を用いた車両が実用化されたときには、電力による水素燃料生産が行われ、現状の化石燃料直接使用も電力使用に変貌する（電化）ことになる。したがって、非電力使用も含めた太陽光発電量の自給率も把握しておくことが重要である。

Energy の電力利用と直接利用の比は、概ね 1:3 の割合²⁾である。したがって、単純に家庭用太陽光発電量の全 Energy に対する自給率は、 $17\% \div (1+3) = 4.3\%$ である。この結果によれば、家庭太陽光発電の供給量は全需要に対して 5%に満たない。

4.4 Mega Solar の規模

家庭太陽光発電のみでは、とても Energy 需要を賄うことができないことがわかった。それでは、Mega Solar を導入するにあたって、どれ程の面積を必要とするのであろうか？

(1) 全分野の電力利用分の全てを賄うと仮定した場合

全電力を太陽光発電で賄う場合、夜間の Demerit を相殺することができない。このため、家庭利用分自給率は 42%（47%から集合住宅分を除く）とし計算すると、自給率は $42\% / (5+5+8+2) \times 5 = 10.5\%$ となる。したがって、全分野では、 $47/10.5 = 4.5$ 倍の Energy が必要である。もちろん残りの 53%は初めから他の発電法で補うと仮定している。

太陽光 Panel 面積を 1 戸当たり平均 25m^2 (3kW 相当) と仮定（本設備は 41m^2 , 5kW）すると、4500 万世帯の Panel 総面積は、4.5 倍の 5100km^2 となる。これはほぼ千葉県の面積に匹敵する。

(2) 直接利用も含めた全 Energy 需要を賄うと仮定した場合

直接利用が可能になった状況では、技術的に蓄電あるいは Energy 形態変換が可能になると仮定する。したがって、家庭発電量の比率は 42%ではなく 69%を適用する。この場合、 $(1+3)/0.69 = 5.8$ 倍の面積が必要となる。これは 29580km^2 となり、日本国土の 8%の面積を必要とする。これは神奈川県を除く関東地方全体の面積に匹敵する。また、依然として太陽 Energy の完全活用ができない場合でも、 $5100 \times 3 = 15300\text{km}^2$ を必要とする。これはほぼ岩手県の面積に匹敵する。

5. 将来展望

地球温暖化や原発安全性が社会問題化する昨今において、自然 Energy 特に太陽光発電が将来をになうものとして期待されている。自然の恵みであるという楽観論、あるいは Cost や欠点を挙げ連ねた悲観論が甲論乙駁する中では、正しい方向性を思い描くことができない。例え仮定条件があるにしても、太陽光発電の力量を定量的に評価し、正しい方向性を見出すために努力すべきである。今回、個人家屋に設置した太陽光発電の実 Data が得られたので、この Data をもとに Energy の将来展望を思い描いてみた。

日本全国の戸建家屋の全ての屋根で太陽光発電を行った場合、その自給率は約 50%（転用可能な余剰電力を考慮すると約 70%）であることが分かった。家庭使用以外の全分野の電力需要も賄うには、さらに Mega Solar が必要である。技術開発により全ての Energy 需要が電力で供給できるようになったと仮定する³⁾と、これを太陽光発電だけで賄うには、日本国土の 8%の面積が必要である。しかし、太陽光発電の欠点である天候依存性と時間限定性（夜間発電不能）を考慮すると、この技術開発には時間がかかり、近未来の姿としては他の Energy も含めた複合的な方法を取る方が好ましいものとする。

地球温暖化防止への意識から、化石燃料からの脱却という潮流がある。将来化石燃料を皆無にすることはできないにしても、この流れを順守して計画を立てるべきである¹⁾。太陽光発電を補填する有力な候補としては、風力や Biomass 等他の再生可能 Energy、また原子力発電がある。現状では、原子力発電が最も安定した Energy であるといえる。現在、原子力発電の安全性が問題視されているが、これは東日本大震災による福島第一発電所の事故に負うところが大きい。原子力発電は廃止すべきという世論が社会現象となっているなか、安全設計を充実すべく改良を行っていくべきという建設的な意見もある。基本となるのは、社会の持続性を保ちながら、理論的かつ実用的見識を持って、Clean Energy の将来展望を描くということである。Energy の「代替」という概念に固執せず。「利用比率の変更」という考え方に沿って、各 Energy Source の長短所をうまく組み合わせた総合的な Energy 戦略が求められている。

6. あとがき

本論文に使用した Data は、2012 年 4 月から 7 月までの分のみであり、より精度良い考察を進めるためにはさらに追加取得された Data を組み込む必要がある。今後継続的に検討を進める予定であり、別の機会に再び追加報告を行うことにしたい。

参考文献

- 1) 稲垣正晴：“持続可能な社会における技術士の役割”，日韓技術士会議（仙台），2002.11
- 2) 稲垣正晴：“21 世紀の Energy 資源”，日韓技術士会議（束草），2003.10
- 3) 稲垣正晴：“Global Warming and Energy Revolution”，日韓技術士会議（Seoul），2007.10
- 4) 資源 Energy 庁：「東電夏期最大電力使用日の需要構造推計（東京電力管内）」、2011.5
- 5) 電気事業連合会：「原子力・エネルギー（Energy）」図面集 図 3、2005.7
- 6) 総務省統計局：平成 22 年国勢調査、2011.7

再生可能 energy による地域の活性化提案

Activation proposal in region by renewable energy

市村 一志 (建設部門)

Abstract

Region of title is the region in which it aims at the independence of economy, administration and culture that makes up the citizens' independence as a base.

The region is along with beginning of the Feed-in Tariff of renewable energy "Early person winning" in the state of the business like the photovoltaic power generation and wind power generation, etc.

I make some proposals how tie renewable energy to the activation of the region.

はじめに

ここで扱う地域とは、東京と地方、中央集権と地方分権という中央との対立概念の地方ではない。自分達が共に生活する市民の自主自立を基礎として、創り上げる経済、行政、文化の独立性を目指す地域である。

現在、地域は、人口構成の構造的変化の渦中にあり、世界と日本全体の経済の問題から企業の撤退や縮小及び雇用の減少が進み、財政及び住民への service の限界が顕在化し、地域とは何か問い直しが迫られている。

様々な問題を抱える地域は、最近、再生可能 energy の固定価格買取制度の施行に伴い、地域が注目される一方、太陽光発電、風力発電等建設地の「草刈場」状態になっている。今回はここに視点を当て、必ずしもこれら事業が、地域経済の活性化や雇用の創出につながらないことに言及し、この事業の勢いを地域の活性化にどう結びつけるか、いくつかの提案をしようとするものである。

1. 日本の energy 政策と課題

日本の新 energy 基本計画は、昨年の 3・11 の大震災を経験して現在見直し中である。化石燃料、原子力発電、再生可能 energy、省 energy の比率がまだ決まっていないが、少なくとも再生可能 energy の比率が大幅に増加する方向が定まっている。再生可能 energy の普及拡大は、新しい制度が施行され事業が進んでいる中、地域にとってどの様な問題が顕在化しようとしているかを述べる。

1.1 日本の energy 政策

従来 of Energy 基本計画は、2030 年を目標にして 2010 年に策定されている。主要部分を抽出すると、再生可能 energy は、2020 年で第一次 energy に占める割合が 10%と明示されているが、2030 年の目標値が具体的に示されていない。原子力発電は、2020 年までに 9 基の新增設、2030 年までに 14 基以上の新增設を行い、電源比率として、2020 年に 50%以上、2030 年までに 70%を目指す明確な数値が打ち出されている。化石燃料は、具体的な数値は示されていないが、高度利用に力点が置かれている。

新 energy 基本計画は、様々な内容が検討されている中、電力について原子力発電の比率をめぐる、Zero-scenario、15scenario、20~25scenario の 3story で国民の意見を聞いた。結果は、「少なくとも過半の国民が原子力発電に依存しない社会の実現を望んでいる」という認識で基本計画を策定中である。一方、水力発電を除く再生可能 energy は、電力比率として現状の 1%から 15~25%の大幅な拡大を考えていて、普及拡大のための固定価格買取制度、発送電分離、Smart-grid の構築等具体的な方策が出されつつある。

1.2 再生可能 energy 政策と動向

1) 電力

再生可能 energy の電力は、普及拡大のための固定価格買取制度の施行により、電力会社が一定期間、国の定めた価格で買い取る制度を 2012 年 7 月 1 日から開始している。買い取る費用は、全国一律に賦課金として使用量に応じて利用者が負担している。対象となる再生可能 energy は、太陽光、風力、地熱、中小水力、Biomass の 5 種類で、各々の規模等で更に細区分され、1 kWh あたりの調達単価及び調達期間が定められている。賦課金は、2012 年度が 0.22 円/kWh とし、以後普及に応じて価格を各年度で見直すことになっている。

2012 年度に設定した価格の効果は、各事業界の要望値に沿った内容になったため、国内外の投資意欲、技術開発が盛んになっている。具体的には、異種業種の進出、低 cost 化・効率化・普及化のための技術開発、海外企業の進出、各地域への進出、小口電力取引市場の開設、Smart meter の普及促進、Smart city の構築、蓄電池の開発促進等、短期的な事業から長期的な Project まで活況を呈している。

2) Green 電力証書、熱証書

Green 電力証書、熱証書は、再生可能 energy から得た電力・熱量相当分の環境付加価値を、自家消費で利用される電力・熱そのものの価値と切離して証書化して、環境付加価値の取引 system として開設された。再生可能 energy としては、太陽・風力・雪氷・Biomass 等を対象に、利用の際に CO₂ を発生しないことから環境付加価値を持った電力・熱であるとして、化石燃料で得られた電力・熱とは区分している。これら証書制度は、電力・熱利用施設の普及拡大、地球温暖化防止への貢献を目的として開始されている。

1.3 地域にとって固定価格買取制度の問題点

固定価格買取制度の施行は、地域にとって幾つかの問題が顕在化しつつある。

第一に、施行による新たな事業者は、通信事業者、総合商社、建設業者、House maker、投資信託会社、Engineering 会社、海外企業等の異種業種の大企業が、採算性を見越して調達価格の高い時期に狙いを定めて、全国各地域に参入を進めている。事業者の進め方は、地方自治体と共同しながら未利用の安い土地の賃貸又は購入を行っている。そこには、事業者が「時代の流れに乗る」という Style を見せながら安い土地の提供を地域に求めている、地域の産業・雇用とどう結びつけるかの配慮が見られない。

第二に、受け入れる地方自治体の考え方である。今までの地域産業の創出は、国が拠点開発で産業 infrastructure を整備して、地方自治体が企業や研究所等誘致に力を入れて地域産業を育成する戦略を取ってきた。その考えが今回も安易に継続されて、今まで捌き切れなかった土地の処分が可能と歓迎され、民間遊休地の仲介まで行っている地方自治体もある。

この度の再生可能 energy の新たな事業は、建設、維持管理を事業主体の本社が扱うことがほとんどで、地域への影響が極めて少ないと言える。このような状況は、地域経済に連携しないし、地域の雇用の機会にも繋がらない、正に地域が土地の提供のみという「草刈場」の状況を呈している。

2. 地域の展望

地域と再生可能 energy の関係を述べる前に、もともと地域はどのような問題を抱え、これからの地域のあり方をどうすべきなのか、その方向性を概観する。

2.1 人口の動向

日本の総人口は、2005 年の Peak から減少を続け、2012 年 3 月の住民基本台帳によると前年に比べ約 26 万人の自然減となった。国内の人口動向は、東京等の大都市圏への人口集中が浮き彫りになり、

三大都市圏の人口比率が 50.75%と過去最高を更新している。都道府県別の人口増減を見ると、埼玉、東京、神奈川、愛知、滋賀、福岡、沖縄以外の道府県は全て減少している。福祉・医療施設や就職の機会の多い都市圏に、地方から人口を吸い寄せる構図が続いている。都市圏は、40 歳以上の転入割合が増え、都市部も本格的な高齢化と人口減が近づいている。

増加率(%)

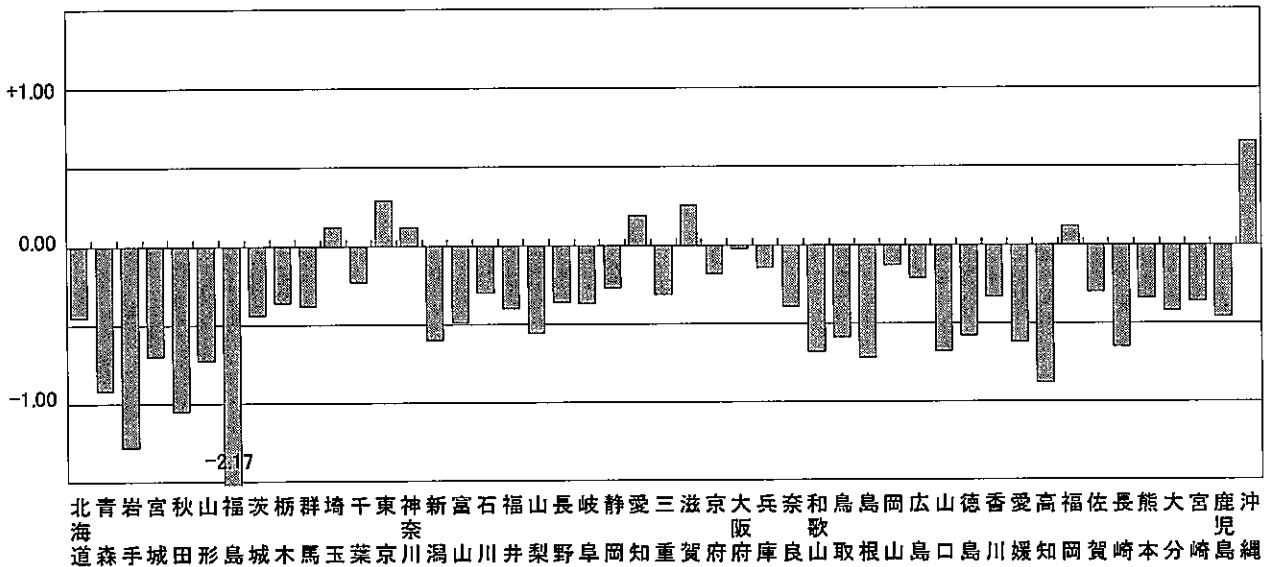


図1 平成24年3月都道府県別の人口増減率

※1 平成24年3月住民基本台帳に基づき作成 ※2 比率は平成23年3月比

2.2 地域の課題

地域は現在、歴史上経験のしたことのない超高齢化と人口減少を迎えている。このことが、地域経済の衰退、自治体の財政逼迫、住民 service の低下、更なる人口減少、経済活力の低下と負の Spiral に陥る可能性を示している。人口減少は、購買力の低下等市場の縮小、労働力不足等が出てくる。少子社会は、年金や医療などの社会保障制度の土台が根底から崩れる原因を抱えている。

地域経済の衰退は、政府主導の全国画一的な産業振興、地域づくりを進め経済成長を遂げてきた従来の企業誘致に依存した地域づくりが行き詰まりを見せたということである。地域は、生活基盤である地域経済を活性化し雇用場を作らなければならないという最も重要な課題を抱えている。

2.3 地域活性化の方向

これからの地域のあるべき方向は、自分が生まれ住んでいる地域を第一とし、地域の独自性や特徴を重視・尊重し、多様性のある考え方を持つことである。具体的に次の3項目にまとめた。

① こころの拠り所・人と人のつながりの豊かさ(地域の主体性)

- ・地域の課題を地域の人達が自立して解決する
- ・地域住民が地域を再発見して Design する
- ・人と人のつながりを作り地域が動き出すきっかけをつくる
- ・地に足のついた活動をする

② 自然、伝統、文化の地域の豊かさ(地域の誇り・優位性)

- ・自然資源の豊かな地域の方が有利である
- ・農林水産業、再生可能 energy は地域の宝である
- ・Brand 化により観光資源に充分なり得る

- ・ 内発的な産業振興に取り組み、地域主体で新しい企業や産業を起こし成長させる
- ・ 次の産業を連鎖的に創造する Mechanism が重要である
- ・ 外部の Know how や技術を地域が主体で取り入れる
- ・ 地域資源を活用し地域の人材が自ら行動する

超高齢化と人口減に苦しむ地域において、地域の活性化に向けた最も基礎的な課題は、地域経済の活性化と雇用の創出である。そのための一番重要なことは、地域住民が主体的に考え主体的に行動するという、地域主体の決意である。その上で時代の流れを掴み、地域資源を見直し、地域の人材が連携し、何かを作り出そうとする意欲が必要である。地域の活性化の方法として、地域への需要が高い再生可能energy事業をいかに利用するか、そこに着目し提案する。

地域経済の衰退から、企業進出・創造へ地域が魅力あるものにするための Hint は次のとおりである。

- ① 地域の産業風土に相応しい新たな産業や企業を生み出すこと
- ② 地域の産業が連鎖関係をもち地域優位を生み出すこと

ここで Cluster 型地域産業の事例として、豊富な農水産資源を軸に、二次産業及び三次産業との連携を深めている北海道の「食 Cluster」を紹介する。

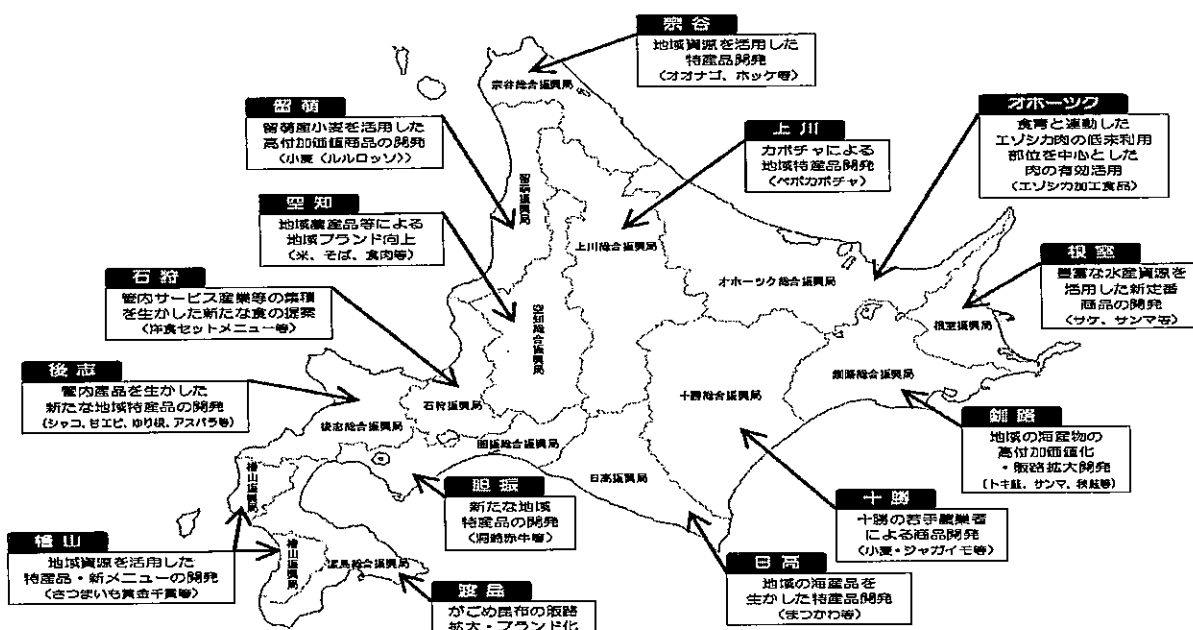


図2 北海道の食 Cluster project の事例(北海道経済連合会の「食 Cluster 活動の状況報告」より)

「食 Cluster」の目的は、農水産資源の付加価値を高め、国内外に向けて販売を拡大、道外からの投資促進等「食の総合産業の確立」である。これにより北海道経済を牽引し、地域の雇用、所得、人材の確保と自立的な地域社会の実現を目指す。実現するために、北海道経済連合会を中心に産学官の連携協働による全北海道の推進体制「食 Cluster 連携協議体」を整備し、北海道の地で総力を挙げて取り組んでいる。具体的な例は前頁の図のとおりである。

3.2 再生可能 energy の特性と地域の関係

再生可能 energy の特色は、電気、熱、Gas 一つ一つの Energy 生産量が小さく、辺鄙な地域に散在していることが多い。太陽光が日照条件の良い Area、風力が風の強い Area、Biomass が酪農・畑作等の農業地域、地熱が主に国立公園内、雪氷が積雪寒冷地と言うように、地域の条件に合わせた資源の偏りを見せ、農業地域、水産地域、観光地及び森林地域等の地域産業と密接な関連を持っている。生産された再生可能 energy は、都市、工場、事業所等の離れた消費地に移動させる必要があるため、送電中の Loss、送電線の受入容量の限界、輸送に伴う費用・CO₂の排出等課題を抱えている。再生可能 energy は、元々生産した地域で消費する地産地消に適した Energy である。

このような再生可能 energy と地域の関係は、地域産業にとって基本的な Energy の確保であり、再生可能 energy の裾野の広さと技術開発の必要性から連携する地域産業、新しい産業の創出、継続性の有る人材の育成等さまざまな可能性が見えてくる。

3.3 再生可能 energy を軸とした Cluster 型地域産業の提案

1) 基本的な考え方

地域住民は、地域に合った再生可能 energy を選択し、誘致するのではなく自ら興す考え方を持つ。自ら興す再生可能 energy に賛同する資本・技術・人材・情報を活用する。従来からある地域産業に結びつけ高次加工、流通、販売、情報の発受信、人の集散が盛んになるよう知恵を出し合う。更に、関連する新たな地域産業起し、広域企業に連携していく。その様な思考と行動が必要である。

この思考と行動は、連続的、持続的な Innovation 活動を展開する地域産業へ変えることになる。

2) Cluster 型地域産業

再生可能 energy の整備は、Mega-solar、大型洋上風力発電、地熱発電、Biomass、海洋 energy、大量低温貯蔵等の事業、それに伴う技術開発、System 開発、送電網の投資・整備、効率の良い発電機の開発、Smart-grid の投資・整備、Smart-meter の設置、Service 会社の設立、電力取引業の成立、天気予報と発電量の予測技術等の本体及び周辺事業が連鎖反応を起す。再生可能 energy の電気や熱の地産地消の考え方は、現状のまま利用するのではなく、地域産業と連携し level を上げながら利用する考えが求められる。

北海道の地域特性と再生可能 energy を合わせた地域産業の連鎖関係を参考に 2 例挙げる。

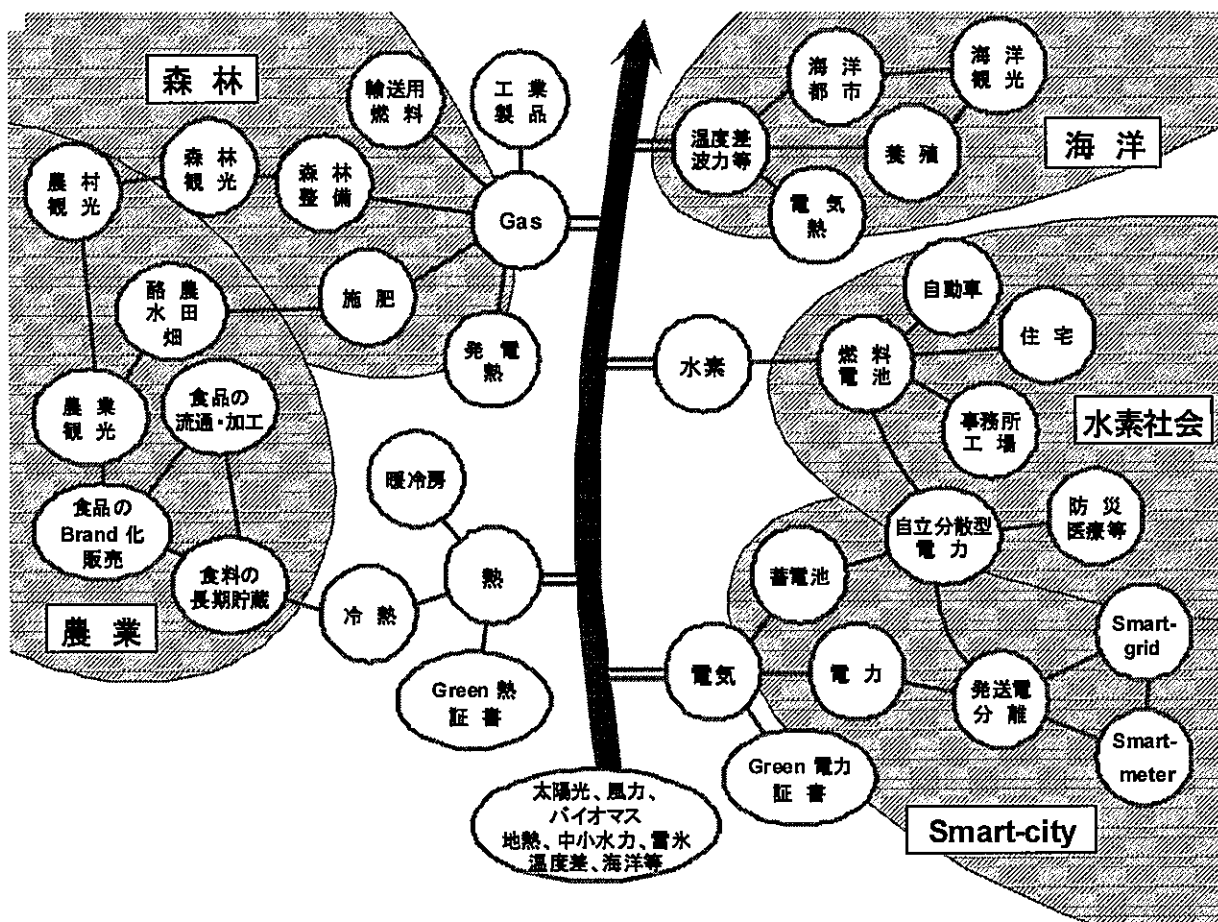
第一に、再生可能 energy による水素の生産と蓄電池と組み合わせた自立分散型電源の確保である。再生可能 energy による水素の生産は、既に稚内で実験装置が設置されている。水道水の水を使い、風力発電の電力で 3,500ℓ/h の水素を生産して、水素吸収合金のタンクで貯蔵・移動を行っている。この水素は、燃料電池で自立分散型電力として、天候に左右されることなく使用することが出来る。再生可能 energy からの水素は、CO₂を排出しない燃料、電気・熱、化学製品の資源として、これからの「水素社会」を支える柱になる。

燃料電池や大型蓄電池と組み合わせた自立分散型電力は、発送電分離社会を迎えるに当って安定した電力となりうる。しかも計画停電、災害時の停電とは関係なく一定の電力を供給することが出来る。こういう条件を求める企業は、IT 産業の Back data 施設、災害拠点施設、医療施設、酪農施設等が考え

られる。

第二に雪氷冷熱を利用した農産物の長期保存である。北海道経済の発展にとって基幹産業である農業や食関連産業の発展は極めて重要であり、基礎体力、関連技術を持続的に向上させていくことが課題である。そのためには原料となる農産物の通年安定供給体制の確立が不可欠である。その基盤施設とも言える既存農業倉庫の多くは電気冷蔵庫であるため、貯蔵期間の長期化や冷却温度の低下に伴う電気料の増大が避けられず、結果として貯蔵 cost の増大を招くという課題があり、食材の通年安定供給のための施設としては不適と言える。北海道など積雪寒冷地では、食関連産業を振興させていくために、長期冷温貯蔵の cost 増大問題を解消するとともに、農産物の鮮度維持が可能な低 cost 冷温貯蔵 system が不可欠との認識から、冬期間の雪・氷・寒気等の再生可能 energy を利用した多くの貯蔵 system の研究や実証試験が行われてきた。なかでも冬季間に自然寒気を利用して貯氷庫内に設置された水槽の水を凍結させ、水が凍結～融解する際に発生する潜熱 energy を利用して、通年 0℃の冷温を供給できる Ice-shelter System は、Running cost が極めて安価な冷温貯蔵 system として大きな期待が掛けられている。農産物の冷温貯蔵 system の普及拡大が見込まれることによって、新鮮な農産物が 1 年を通して安定的かつ低 cost で供給される基盤が整い、食関連二次産業の拡大に繋がるとともに、新たな雇用の創出も期待できる。更に、安全・安心な道産食材の供給は、海外市場を含めた新たな市場の開拓に繋がることも期待でき、北海道経済全体の底上げにも多大な効果をもたらす可能性がある。

以上を図にすると次のとおりである。



3.4 地域主体の推進体制

推進体制は、地域の再生可能 energy の整備を軸にしながら地域産業の活性化と雇用の拡大を目指し

て、地域主体の地域経済の連鎖の体制を築くことである。体制は、地域の行政・経済団体・再生可能 energy の推進団体・各産業団体、地域の元気な経営者等が中心に連携し、事務局・Support の窓口・各会議を置く。支援機関は、生産者、企業、企業家、団体、消費者、金融機関、支援機関、研究機関、大学、高専、高校、市町村等必要に応じて組合せをする柔軟な体制が必要である。

おわりに

筆者は、北海道札幌市に住んでいて、再生可能 energy の普及拡大の全国的な動向を把握していると考えている。この動向を地域の視点から見ると、地域へ進出しようとする事業者の利潤追求の体質が、将来地域に禍根を残すと懸念を感じた。それは地域経済に対してほとんど影響を与えない、地域活性化に繋がらない、ただ土地を提供しただけの結果に終わるという直感から始まっている。北海道は、再生可能 energy の宝庫といわれるが、夕張市が財政再建団体に転落し、同じような状況下にある自治体も衰退しているのが現状で、この宝を活用する術を持っていない。自治体は、国の様々な基準を乗り越えて、新たな統治と運営が必要で、その一つとして再生可能 energy の普及拡大の機運を活用できないか、と考えた。

今回は、私の住む北海道を事例に出したが、同じように各地域の技術士が頑張っているとしたら、情報を交換したいと願うものである。

参考資料

- ・ 自然 energy が地域を変える 2003 年 佐藤由美 学芸出版社
- ・ Smart 革命の衝撃 2010 年 Energy Forum
- ・ Energy 白書 2011 経済産業省 [編]
- ・ 新地域産業論 産業の地域化を求めて 2011 年 伊藤 正昭 学文社
- ・ Community Design 2011 年 山崎 亮 学芸出版社
- ・ 再生可能 Energy 政策論 2011 年 朝野 賢司 Energy Forum
- ・ 新しい Localism 2011 年 三菱総合研究所 丸善出版
- ・ Cool Energy 5 2012 年 北海道経済産業局

愛知県における地球温暖化防止対策の取組

打田 清和（環境）

Abstract

Aichi Prefecture is located as an important area of the transportation network of Japan. It has a large population and active industries including car manufacturing industry, so it also has a large amount of emissions of greenhouse gases. Therefore the prefectural government has systematically worked on the promotion of global warming countermeasures. Furthermore, in order to strengthen the measures, the government formulated the new plan “Aichi Global-Warming-Prevention Strategy 2020” in February 2012. It aims to reduce 15% of the greenhouse gas emissions by 2020 from 1990. By implementation of this new plan, the government will promote various measures toward the achievement of the goal such as expansion of renewable energies, introduction of advanced eco-cars, and discharging restraint of the greenhouse gases from industrial activities.

1 はじめに

愛知県は、日本列島中央の首都圏と関西圏の中間に位置し、東海道新幹線を始め東海道線、中央線等の鉄道網や、東名・名神高速道路、中央自動車道、国道 1 号といった幹線道路網が整備され、2005 年には伊勢湾常滑市沖に中部国際空港が開港するなど、交通の要衝となっている。また、人口も多く（2012 年 4 月現在 741 万人）、さらに製造品出荷額が全国 47 都道府県の中で 34 年連続（2010 年現在）1 位となるなど、自動車製造業を始めとした産業活動が非常に活発な地域である。

こうしたことから、県内の温室効果ガス（greenhouse gas）排出量は、全国排出量の 6.1%（2008 年現在）を占めるなど全国有数の排出県となっており、愛知県では、地球温暖化防止対策を環境行政の主要な課題の一つとして積極的に取り組んできたが、昨今の状況を踏まえて新たな展開を図った。

温室効果ガス（greenhouse gas）排出量の上位都道府県（単位：千 t - CO₂/年）

都道府県	千葉県	愛知県	神奈川県	北海道	兵庫県	岡山県	東京都	全 国
排出量	83,075	78,389	70,230	72,420	69,480	56,780	55,780	1,282,000

（注）愛知県、神奈川県、兵庫県及び全国は 2008 年度の排出量、それ以外は 2007 年度のもの。

（資料）環境省調べ

2 地球温暖化をめぐる動きと愛知県のこれまでの取組

2.1 国際社会と日本の動向

1997 年に京都市で開催された第 3 回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）におい

て、先進国による温室効果ガス(greenhouse gas)排出量を 2008 年～2012 年の平均で 1990 年比 5%削減(日本は 6%)することを義務付ける「京都議定書」が採択され、2005 年 2 月に発効した。

その後、2012 年にデンマーク(Denmark)で開催された C O P 15 では、「コペンハーゲン(Copenhagen)合意」に基づき、主要国から 2020 年の自主的な中期目標(日本は 1990 年比で 25%削減を表明)が提出されるとともに、2011 年に南アフリカ(South Africa)で開催された C O P 17 では、2020 年からの新たな枠組を 2015 年までに決定するといった方針が合意されている。

一方、我が国では、京都議定書で約束した 6%削減を目指して、各種対策が進められてきたが、2013 年以降については、2050 年までに 1990 年比で 80%削減することを目指し、2020 年に 25%削減する目標を掲げた「地球温暖化対策基本法案」が国会に提出されている。また、2012 年 7 月から、再生可能エネルギー(renewable energy)の固定価格買取制度が開始されるとともに、2012 年 10 月からは、地球温暖化対策税が導入されるなど、地球温暖化防止のための施策が順次打ち出されている。

2.2 愛知県の取組と今までの成果

全国有数の温室効果ガス(greenhouse gas)排出県である愛知県では、地域での地球温暖化対策を計画的・総合的に推進するため、1994 年に「あいちエコプラン 21(Aichi Eco-Plan 21)」を全国に先駆けて策定し、その後 2000 年に「あいちエコプラン 2010(Aichi Eco-Plan 2010)」に改定して、京都議定書を目指す 6%削減に向けた取組の方向性を示した。さらに、2005 年 1 月に「あいち地球温暖化防止戦略」を策定し、2010 年度までに温室効果ガス排出量を 1990 年度比で 6%削減する重点施策を定め、「ソーラーミリオン(solar million)作戦」、「エコカー(eco-car)^{※1}300 万台作戦」などの施策を展開してきた。

この結果、住宅用太陽光発電については約 6 万 7 千基(2012 年 3 月現在)、エコカー(eco-car)については、約 275 万台(2012 年 3 月現在)と共に全国 1 位となっている。

※1 エコカー(eco-car)：電気自動車(EV)、天然ガス(gas)自動車(NGV)、メタノール(Methanol)自動車、ハイブリッド(Hybrid)自動車(HV)、LPG 貨物車、燃料電池車(FCV)、低排出ガス(gas)(3 つ星)かつ低燃費の登録車

3 温室効果ガス(greenhouse gas)排出量の現状と新たな展開

県内の温室効果ガス排出量は、経済活動の活発化などで 2007 年度に 1990 年度以降最高の 8,611 万 t - CO₂ に達したが、金融危機の影響による景気後退に伴う産業部門を始めとしたエネルギー(energy)需要の減少などにより、2008 年度には 7,839 万 t - CO₂ と大幅に減少したものの、基準年度の総排出量(7,701 万 t - CO₂)と比べて 1.8%の増加となっている。

そのような状況の中で、愛知県としては、本格的な低炭素社会の実現に向けて、地域レベル(level)で更なる取組が不可欠であるとの認識のもと、引き続き地球温暖化防止対策を強力に推進するため、2010 年度以降の新たな指針として、2012 年 2 月に「あいち地球温暖化防止戦略 2020」を策定した。

愛知県内の温室効果ガス(greenhouse gas)種類別排出量の推移 (単位: 万 t - CO₂/年)

種 類	1990 基準年度	1995	2000	2005	2006	2007	2008	総排出量に 占める割合 (2008)
CO ₂	7,322	7,796	7,623	8,237	8,241	8,314	7,585	96.8%
Methane	37	34	32	30	31	31	30	0.4%
N ₂ O	76	108	109	130	130	129	116	1.5%
代替Flon等※2	266	266	168	114	125	137	107	1.4%
合 計	7,701	8,205	7,933	8,511	8,527	8,611	7,839	100.0%
基準年度比	-	+6.5%	+3.0%	+10.5%	+10.7%	+11.8%	+1.8%	-

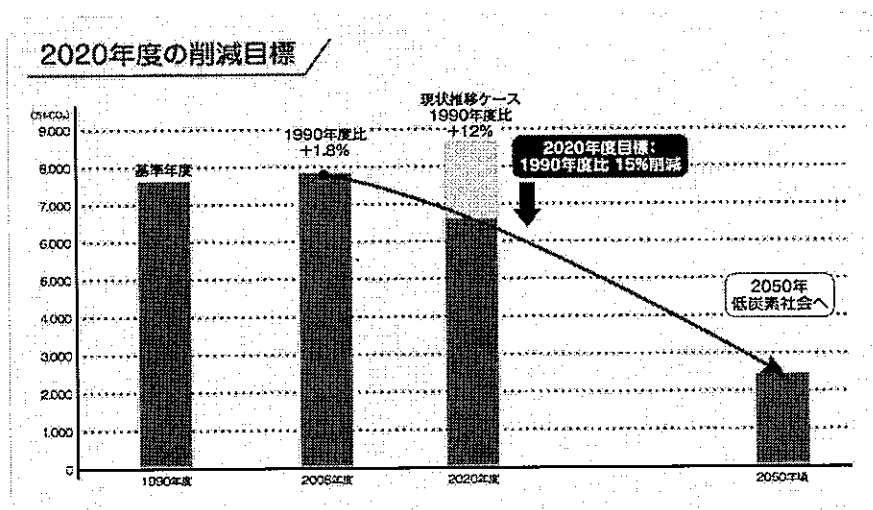
※2: 代替フロン(Flon)等の3物質の基準年度は1995年度である。

(資料) 愛知県調べ

4 「あいち地球温暖化防止戦略 2020」の概要

4.1 2020年度の温室効果ガス(greenhouse gas)の削減目標

愛知県が2050年頃に目指すべき温室効果ガス(greenhouse gas)排出量(1990年度比で80%削減する国の目標を愛知県に当てはめると約70%の削減に相当)を実現するためには、2020年度までに90年度比で15%削減することが必要であり、その削減量を目標とした。



排出量削減イメージ(image)

4.2 2020年度に向けた取組方針と施策体系

愛知県は、四季を通じて太陽光が豊富で、小水力や風力なども含め再生可能エネルギー(renewable energy)に恵まれた地域となっている。そのような地域で、次世代自動車や蓄電池、燃料電池など地球温暖化対策にも貢献する重要な技術を持つ事業者が数多く立地し、大学・研究機関も充実している。また、名古屋市、豊橋市、岡崎市、豊田市など自立性の高い都市が分散的に立地した中で、各都市の周辺には農地や山林など多様な自然が存在しており、低炭素な街づくりを目指す地域単位として優れた都市形態を示している。さらに、豊橋市での530(ごみゼロ(zero))運動の発祥や、200万都市名古屋市でのごみの分別リサイクル(recycle)の成功など、県民の環境意識の高さが発揮されてきた地域であり、自然の叡智をテーマ(theme)に2005年に開催された愛知万博や、2010年開催の生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)を経験し、県民や事

業者の環境意識はさらに高まっている。

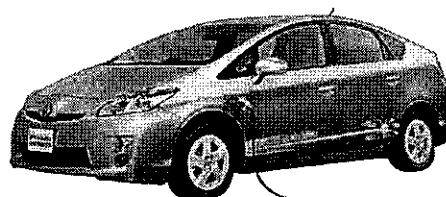
このような地域特性を踏まえて、地球温暖化防止対策のための4つの取組方針を定め、この方針に基づいて施策を推進することとした。

① 日々の暮らし

恵まれた再生可能エネルギー(renewable energy)と県内企業が持つ省エネ(saving energy)住宅、次世代自動車等の低炭素化技術を最大限活用して、持続可能なゼロカーボンライフ(zero-carbon-life)の実現を目指す。

② ものづくり

生産活動に伴う温室効果ガス(greenhouse gas)排出を抑制しつつ、次世代自動車や蓄電池、燃料電池など県内で生産される低炭素型製品による世界の低炭素化への貢献を促進する。



PHV (トヨタ自動車株式会社 TOYOTA)

③ 地域基盤

市町村等と連携して、駅周辺等への都市機能の集約化や公共交通の維持・充実、ヒートアイランド(heat island)対策を進め、ゼロカーボンライフ(zero-carbon-life)をまちづくりの面から支援するとともに、CO₂吸収源となる森林の整備を促進する。

④ 県民意識

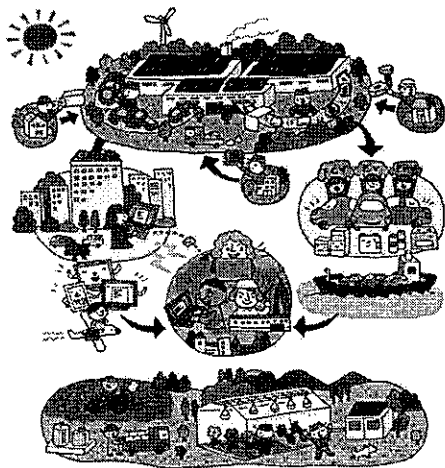
①～③全ての基盤として、CO₂の「見える化」や地球温暖化に関する啓発、地域や職域での活動の推進により、県民・事業者の環境意識を高める。

施 策 体 系

取組方針	重点施策
日々の暮らし	①太陽と自然の恵みを活かすゼロカーボン(zero-carbon)住宅の普及 ②再生可能エネルギー(renewable energy)の利用拡大 ③次世代自動車等先進エコカー(eco-car)の導入 ④次世代エネルギー(energy)技術の実用化推進とスマートグリッド(smart grid)の先駆的導入
ものづくり	①事業活動に伴う温室効果ガス(greenhouse gas)の排出抑制 ②「食」をめぐる低炭素化 ③業務用建築物の環境負荷の低減 ④低炭素化社会に貢献する製品供給拡大
地域基盤	①歩いて暮らせる集約型まちづくり ②低炭素な地域交通網の構築 ③低炭素な分散型エネルギーシステム(energy system)の展開 ④ヒートアイランド(heat island)対策 ⑤森林整備と県産木材の利用拡大
県民意識	①CO ₂ の「見える化」 ②環境負荷の少ない商品やサービス(service)の購入 ③地域における地球温暖化防止活動の活性化と環境学習・環境教育 ④産・学・行政が連携した世界をリード(lead)する低炭素地域づくりの取組

4.3 戦略で定めた主な数値目標

今回策定した戦略の中では、温室効果ガス(greenhouse gas)排出量の 15%削減に加え、次のような個々の数値目標も定めており、それらの具体的な施策と相まって、2020年度に向けた温室効果ガス(greenhouse gas)の排出削減を確実なものにしていきたい。



- 【住宅用太陽光発電施設】普及基数 40 万基
- 【事業用太陽光発電施設】120 万 kw 導入
- 【先進エコカー(eco-car)^{※3}普及台数】200 万台
- 【産業部門の CO2 排出量】2.1t - CO2/百万円
- 【業務部門の CO2 排出量】0.06t - CO2/m²
- 【農業部門の排出量】3 万 t - CO2 削減
- 【樹林地等の確保・緑地の創出】100ha
- 【間伐の実施による森林整備面積】26,000ha
- 【家庭の CO2 排出量把握世帯の割合】80%

※3 先進エコカー(eco-car) : HV、EV、PHV、FCV、NGV、クリーンディーゼル(clean diesel)自動車、低排出ガス(gas)(4 つ星)かつ低燃費の登録車

4.4 各主体間の連携と計画の進行管理

温室効果ガス(greenhouse gas)は人間活動のあらゆる面から発生するため、県民、事業者、民間団体及び行政の各主体それぞれが、地球温暖化問題の現状について正しい認識を持ち、担うべき役割とその意義を理解し、それぞれの立場に応じた自主的かつ積極的な取組を進めていくことが必要である。

そのため、互いに情報を共有し、連携して取組を実施できるよう、関係者の参画による推進会議を定期的に開催するとともに、計画の進捗状況を毎年検証しながら、その結果を推進会議に諮り、必要に応じて計画に反映していくなど、フォローアップ(follow-up)体制を構築していくこととしている。

5 エネルギー政策を巡る動きと今後の対応

2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う福島原子力発電所の事故を受けて、原子力発電への依存度の低減や再生可能エネルギー(renewable energy)の導入促進など、我が国の今後のエネルギー(energy)政策を巡る様々な議論が行われており、それに伴ってエネルギー(energy)の使用と密接に関係する温室効果ガス(greenhouse gas)排出量の削減見通しが不透明となっている。

そのような中で、愛知県が 2012 年に策定した温暖化防止戦略では、東日本震災後のエネルギー(energy)問題への課題に対しても、地球温暖化防止の観点から様々なアプローチ(approach)を行っており、エネルギーリスク(energy risk)に強い社会システム(system)づくりに寄与できるものと考えているが、今後、国の動きや県内のエネルギー(energy)消費あるいは CO2 の排出状況を見ながら、柔軟に対応していきたい。

「安全安心の社会に向けての考え」

－ 長い人生で気づいたこと －

(1940 年～2012 年)

"Thoughts on Safety and Security of the Society"

－ Lessons learnt from my long life －

牧山 昭彦 (建設・都市計画)

Abstract

I had spent my boyhood days in Chŏngjin. I want the youth to know that the same Japanese had lived in foreign countries with which we do not have a diplomatic relation now. Currently, we are faced with difficult situations of diplomacy, defense and economy. In order to overcome, we must get rid of island-mentality and mobilize all available resources for future generations. It is high time for us to wake up from lukewarm social climate, open eyes to the real facts and address the problems towards a better world to live in.

1. はじめに

私は現在の北朝鮮・清津で少年時代を暮らしたが、危機管理の上で如何に大変であったか。その後、引揚げての現在までの長い人生の中肌で感じたことを綴ってみた。

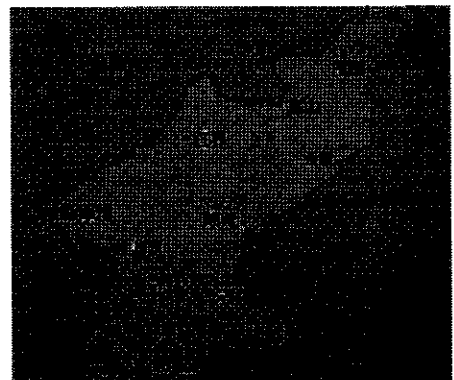
現在、日本は周辺諸国との間で外交や経済に関する立場の相違で難しい立場にある。

その解決の違いも日本人は特有の島国根性から脱却して、力を合わせてゆくことが大切であり、無難、円満という社会風潮から目を覚まし、名実ともに国際協調を旨とする安心安全の明るい将来の到達を願っている。

2. 朝鮮(韓)半島で

少年時代、敗戦した 1945 年から安全について感じることがあったが、個人としては全く情報が入らない。まさに情報断絶だ。それが敗戦してからの境遇だ。したがって自分の道は自分で歩くという人生の始まりでもあった。

清津には少学校 6 年から中学 4 年まで住んだが、学徒といっても学問ではなくほとんどが軍事教練だった。絶え間なくよく走らされたり、冬は寒く -20°C $\sim$ -30°C 、夏の泳げる時期は 1 週間で、そのときの水泳の練習は港の端の深い海であったが、国民皆泳という政府の方針の



もと恐怖心をもつ中でも2～3年練習する内に水泳が出来るようになった。

清津の産業は1次が漁業、2次は製鉄、海運は新潟と清津、敦賀と清津の航路があり、1940年代に気比丸(4,500t)が機雷に触れて沈没した。魚業は盛んで”いわし、明太、鰯、蟹”など豊富だった。歩行訓練ではたしか駆け足と登山だった。

1,800mという高度のため飯盒ではご飯が炊けず、土地の家に頼んで釜で炊いてもらった記憶もある。中学は学徒動員し製鉄所で働いたこともあった。日本製鉄、三菱製鉄、原鉄の3工場があり、近くの茂山鉄山の鉄鉱石で製錬していたが、敗戦で工場の製鉄設備は全てSOVIETに持ち去られた。

此处で国民性を考えてみると、日本国内と違うのは、隣近所は全て他国だが、人の往来があり、異なる言葉も耳に入ってくる。中国、SOVIETの町作りも大きな交差点はRotaryだ。これはEUROPEの影響だと思うが、中核都市は全てとっていいほどだ。歩道つきが標準styleであった。ここで人々の思想信条は個人と国は分かれている。日頃の生活は、食事は中国風で餃子など作るのが上手で、いつも見物していた。しかし、隣国の情勢には即座に見て反応するという機敏な動作。日本のように島国で隣国を気にしない気風とは全く違っていた。

3. 避難旅行

1945年10月頃感興にたどりついたが、ここで収容所へ行くよう指示が出て、定平郡富坪で武装解除された旧日本軍の兵舎に入れられた。「住」は別として問題は「食」である。配給は、米4合、塩、これでは生きていけない。地元住民は地下に馬鈴薯や白菜など保存しているが、私達には蓄えがない。これが死出の旅の始まりである。これを解決する問題はお金である。SOVIETの軍票(Russia通貨・Ruble)が幅をきかせ、日本円は紙くずとなっていた。



現在、安定している我国ではお解りのように、避難者にはお金を出してすべて保護しているが、敗戦時ではそんなことは全く考えられない。文字通り路頭に迷うということである。収容所生活で越冬後は、生き残った者は半分以上の1,500人。1,700人の尊い命を失った。

4. 日本に引揚げて感じたこと

博多港に上陸したのだが、先ず目についたのは鉄道貨車の小さいことだった。大陸のそれとは大きさが極端に違っていた。そんな中で日本へ戻っても食料難で食べるのに苦労した。学校の寮によく家からお米をかついで帰った。それをまかなった親は大変だったと思う。また一方復学しても学年が1年遅れたのでその取り返しが大変だった。友達が勉強しない振りを

して家で努力していたらしく、こちらもそれに合わせていたので、友人の通信簿をのぞくと成績が良く、やられたと思った。

5. 食料難

学生時代は食料難で、食べる物が無い。現代では想像もつかない。今の時代だったら大変だったろう。しかし、国家の財政難で Dollar が不足に陥ったら、食料が輸入されなくなり、あの時の食料難の再来になる事が有りうる。これは燃料にしても然り。

6. 現代の虚飾

世界の人口は 60 億人とか云われている。19 世紀の 30 億の倍になっている。此処 20 年後は 100 億と想像するが、生きることは難しい時代になり、やはり食料問題と Energy 問題が横たわっている。

7. 失敗例

長い人生経験では失敗はつきものである。1950 年代のこと、電話回線が 200 本入っていた思案橋の高欄を切断した時である。切断箇所の周辺に伝え、電話局へ謝りに行ったが、新聞で橋の撤去が告知されていたので電話局も許してくれた。現在だったら大変なことになっていたと見る。この時代はおおらかで地下の cable 3,000V を yumbo で掘削中に切断したこともあった。これも企業の送水管の上に設備した電線だった。当時は企業の設備が道路地下に埋設されていることもしばしばあった。

8. 2001.9.11

New York の世界貿易 Center Building 火災での死傷者事故、秘密裏に航空機の操縦を訓練し日本の且つての神風ではないが、Building に 2 機が正確につっこんだ様は壮絶で、その決死の操縦技術を思うに、mind control 状態の日本の特別攻撃隊に似ている感じである。防ぎようがない。crisis management としての検討が必要だ。

9. 2011.3.11

東日本大震災では地震後の津波で福島原発を廃炉にした。津波の想定は 5.5m、実際は 11m80 であり、電源がなくなり大事故を誘発した。しかしこの事故を関係者は想定外という。

しかし、大惨事が現実には起こったのである。今後、二度と起こさないよう、安全確認が更に必要だが、原発は現状では最小限必要だと思うが、今までのようなおざなりの安全神話は全く通用しないという事を胆に命じるべきである。

10. 2012.7.12 九州北部豪雨

今までにない大雨 1,100mm 時間雨量 1 日で 400~500mm で、川の氾濫や家

が流される自然災害の情景は、発達し過ぎた人間社会に対して嘲笑っているかに見える。20名に昇る多くの死者が出ている。これこそ想定外。

活発な梅雨前線の影響で、記録的豪雨に見舞われた九州北部は13日激しい雨で霧島市では観測史上最大の一時間あたり101mm、佐賀市でも13日午後91mmで歴代2位の記録を観測した。

7月12～13日の豪雨は、死者20名行方不明者7名の犠牲者を出したが、九州3県に前線が停滞し、大雨を降らせた。避難勧告は5万世帯であるが、避難指示の遅さが問題となった。この度の梅雨前線の活動範囲は、大分県大野川、熊本県阿蘇山から白川、福岡県筑後川周辺の被害であつた。降り始めてから13日までの総雨量は阿蘇市で609.5mm、久留米市で315.5mm、霧島市で367mmに達した。6箇所の住民を巻き込む土砂くずれが阿蘇市で発生、陸上自衛隊や熊本県警など800人の捜索が続いた。佐賀県小城市でも3,400世帯に避難指示が出された。

問題点：いつものように災害復旧で済みますか、又は地球温暖化からの降雨量の増大にどのような対策が必要か、問題は多いが、やはり住民本意の復旧を考えることである。

要は100mm/hの降雨量には対処出来る公共施設の整備が難しい。しかれば、住居を災害が起こらない地域に移すことも考えられる。やはり、人命尊重である。

11. 原発作業員の counter を鉛板で包み、放射線被曝量をごまかしているという記事が出た。原発問題の公表は嘘で固められた感を国民が持つ。嘘の固まりの中で、そのうちに Chernobyl 事故のように多くの甲状腺癌)患者が現れるのではないかと危惧するところだ。

12. 逃避行で

1945年日本が敗戦で逃避行をしたときのこと。あれは忘れもしない1945年8月北朝鮮の清津である。終戦は15日だが、9日に航空機による爆撃や機銃掃射があつた。次に SOVIET 軍が進駐してきたが、直前まで EUROPE 戦線で鍛えた武装で全員が80発装填のAK47(通称、balalaika)の自動小銃を持っていた。それまで知らなかったが、日本の装備と違うのが歴然だった。すでに1993年のNomonhan事件でも実証済みと云われていたが、国民には全く知らされていなかった。かなう訳がないのである。

13. 私の感じること

社会に出て行政を担当する中、災害対策本部で作業をしたが、やはり地元からの早い情報が対策本部の判断を決定することになる。安全を守るためには「冗談」ではなく「情断」があつてはなるまい。つまり「情報断絶」である。昨年の3.11は東日本大震災だが、あの津波で過小に判断したのか対応が遅れて多くの犠牲者を出した。やはり、日頃の生き様が大切だと痛感する。

いつどんな問題が起こるか予断を許さない。単に防災といっても、多くの人々の対応がある。今までの積み重ねで災害対策も一つの方法だが、やはり個人の教育と訓練で貴重な体験が必要である。そこには、危機に対して即座の判断と行動が必要である。それには人命尊重が第一である。

14. 雑感

この度の3.11東日本震災でみんなが感じたこととして、天災に即対応出来る判断力と即行動を養うのには、日頃の訓練等が大切である。国語、数学以前に、「生きる」ための基本的教育が必要だと痛感するのである。それには一人一人必要な装備、食料、図面等が、「天災」と言うときすぐ用意されている体制作りが今後の課題である。

建設現場の安全管理 Cycle

Safety Management Cycle at Construction Sites

松谷 孝広（建設/総合技術監理）

Abstract

At many of the construction sites, we set the slogan of "Safety First," which means that the first thing in doing jobs is to think safety. Prior to the construction project, safety policy must be determined followed by various safety programs.

Among various risks related to the construction works, "disaster" is a risk of large impact and high probability. In recent years, the disaster risk is being addressed as an issue of Corporate Management where safety countermeasures either internal or external ones are worked out.

An approach to view occupational safety and health as a management system means that "self-management" must be focused rather than regulation-driven activity. The self-management starts with risk assessment which is a logical tool of safety level assessment, followed by planning of the safety program and actual implementation of the continuous improvements.

Current problem is that only the top management declares "Safety First and Cost Second." Here in this paper, day-to-day safety activities of the construction projects are introduced.

1. はじめに

工事現場の多くは、「安全第一」の標語を掲げている。「安全第一」とは、仕事をする上で、安全を一番に考える。建設 project を開始するにあたって、安全対策を協議し方針を決定する。建設 project のさまざまな risk の中で、「災害」は確率が高く、かつ発生時の損害が大きい risk である。

近年では、組織全体の management の問題（内的要因、外的要因に関わる安全対策）として取り組むことが必要な状況になってきている。

労働安全衛生を管理 system としてとらえることは、規制よりも自主管理を主体として対応することを意味し、risk assessment（論理的な安全 level を技術によって担保する）で、その結果に基づいて立案した計画を実施し、継続的改善を図る。経営 top しか、「安全第一」、「cost 第二」と明言できる人はいないのが現状の問題である。ここでは、建設 project の日常安全対策を紹介する。

2. 安全の重要性

- 1) 重大事故を起こせば、本人はもとより家族は生活に困り迷惑する。負傷で済んでも、周囲に迷惑を掛ける。
- 2) 事故が発生すると、工事は直ちに中止される。再開後も工事遅れのため現場に大きな影響を残す。負傷者に対し治療費、入院費、補償費を支払い、破損した設備や機械は、修理も必要である。
- 3) 工事を請け負った contractor は工事管理責任を問われ、事故原因報告と再発防止策を提出する。また、「刑事責任」「民事責任」「行政責任」「社会的責任」が問われる。

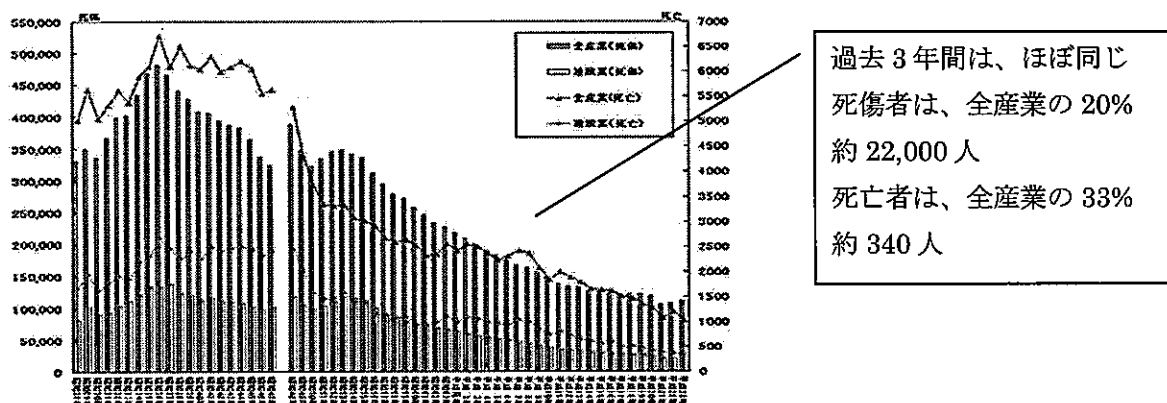
3. 建設工事の事故 data (平成 23 年度災害統計)

- 1) 建設業は、他の産業に比べて、労働災害の度数率は低いが強度率が非常に高い。これは建設業が重大事故の多いことを意味する。

項目	総合工事業	一般産業
度数率	1.09	1.62
強度率	0.14	0.09
損失日数	126.0	56.9

- ・ 災害の発生頻度を示す度数率は、百万時間当たりの死傷者数、災害の程度を示す強度率は、百万時間当たりの労働損失日数。損失日数は死傷者一人平均労働損失日数である。

- 2) 建設業の死亡災害は、高所作業での墜落・転落が最も多くおよそ 35%を占めている。これに交通事故、崩壊・倒壊、挟まれ・巻き込まれ、飛来・落下が続く。平成 23 年の死亡災害数（東日本大震災を除く）は、342 名（前年度より 23 名減）、墜落・転落 155 名、交通事故（道路）53 名、建設機械等 36 名、飛来落下・倒壊 38 名であった。



死傷者及び死亡者数の推移（平成21年～）

注：平成23年は、東日本大震災を直接の原因とする

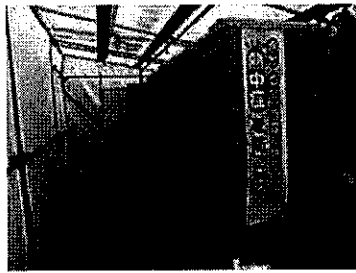
死傷者数（全2827, 建303）、死亡者（全1314, 建168）除く

		平成21年		平成22年		平成23年	
死傷者	全産業	105,718		107,759		111,349	
	建設業	21,465	20.3%	21,398	19.9%	22,372	20.1%
死亡者	全産業	1,075		1,195		1,024	
	建設業	371	34.5%	365	30.5%	342	33.4%

※ 東日本大震災の復旧・復興に関連する災害【385(21)】（ ）内は死亡

4. 建設現場の危険要因

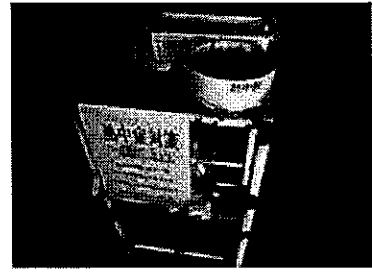
- 1) 建設現場は、3K 職場と言われている。3K とは、「危険」、「汚い」、「きつい」のことで、作業は、屋外でしかも厳しい環境（暑い、寒い、風通しの悪い、暗い、高い、狭い）のもとに行われている。



写 1 現場 rest room



写 2 現場休憩所



写 3 熱中対策 candy

- 2) 作業場所も作業の種類も毎日変化する。材料や機械も毎日入れ替わる。
- 3) 作業施設は永久的なものではなく、仮設が多い。
- 4) 作業者は絶えず変わり、新しく参加する者が多く、未経験者、若年者、高齢者が多い。
- 5) 近年、安値受注が多く、しわ寄せが安全対策の手抜きになり勝ちである。

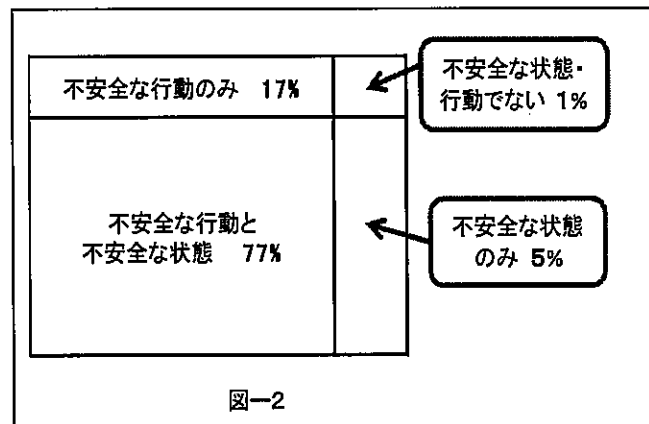
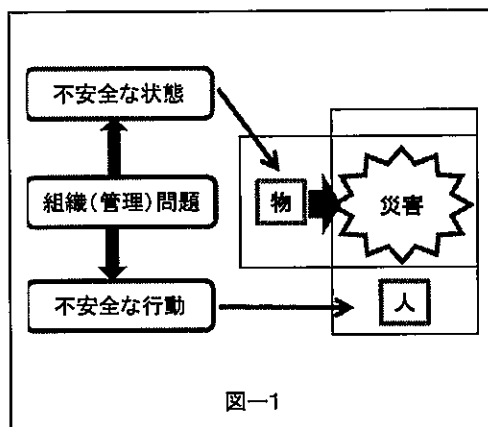
5. 墜落事故の実態

建設業で働く人は全労働者の 10%に当たるが、労働災害の死亡事故では 35%を占めている。中でも多いのが墜落事故である。また、事故は月曜日と金曜日が多く、午前中に発生する割合が多い。四人に一人が現場に入った初日に事故に会い、三人に一人は三 meter 未満の高さから落ちている。

6. 安全の三要素（事故の三原因）

物（施設）、人（行動）および組織（管理）が、安全の三要素である。安全な施設上で安全な行動をすれば、事故は起こらない。

事故の原因



- 1) 不安全な状態の物と不安全な行動をする人が出会うことにより、災害が発生する。
- 2) 施設から不安全な部分を取り去れば、災害の 82%がなくなる。 ($77\%+5\%=82\%$)
- 3) 作業員が不安全な行動を止めれば、災害の 94%がなくなる。 ($77\%+17\%=94\%$)
- 4) 施設から不安全部分を取り去り作業員が不安全行動を止めれば災害の 99%はなくなる。
- 5) 不安全な物と人が存在するのは、作業員自体の問題だけでなく、組織にも欠陥があり、管理が機能していない。

7. Heinrich の法則

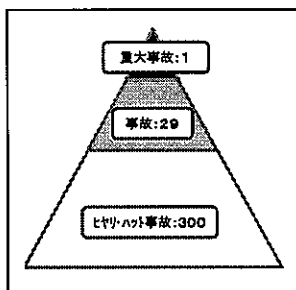


図 3

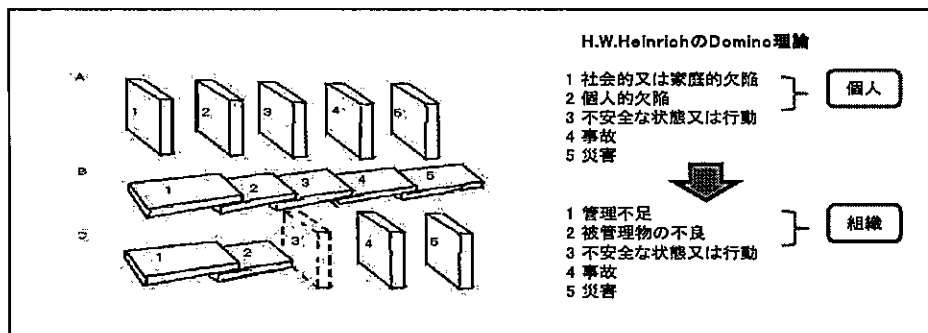


図 4

- 1) 上の右図は、H. W. Heinrich の domino 理論を示す。A 図において、(1)社会的または家庭的欠陥、(2)個人的欠陥、(3)不安全な状態または行動、(4)事故、(5)災害を表す。いずれかが倒れると、B 図のように domino の連鎖反応が起こり、災害になる。C 図のように、(3)不安全な状態か行動を取り去れば事故は発生しない。94%減少する。
- 2) Heinrich はあまりに個人の責任を重視しているので、安全は彼の 5 個の駒のうち、最初の 2 個を次の様子に書き換えている。(1)管理不足、(2)被管理物の不良。個人の問題を組織の問題とする。先ず、組織による管理がうまく機能していないのが事故の根本原因である、2 項目の被管理物、すなわち、現場で使用する材料、運転する設備、作業する環境、人々、の管理がなされていないとする。幾つかの管理不良が原因で不安全な行動や状態が生じる。(1), (2), (3)をなくすることで 99%減少する。

8. 不安全な行動

- 1) 作業員は PPE (自分の身を守る装備 Personal Protective Equipment) を身に着ける。不安全な行動は PPE の無視に始まる。
- 2) 不安全な行動を矯正するには、現場 patrol で指導する。なお、不安全行動を指摘する前に、安全な行動をする作業者を褒める。
- 3) 作業員が知らずに不安全な行動を行うのは教育、訓練を徹底すれば解決できる。(新規入場者教育・安全衛生教育等) しかし、問題は、してはならない行動を知って行う場合です。
- 4) 作業員が rule を守る現場風土を作る。例えば、朝礼で規則違反時の危険を分かり易く説明する。さらに、model の墜落実験など具体的な教育を行う。
- 5) 規則に従わない者は、現場から退場を命じる。
- 6) 現場規則を守らせるだけでなく、手摺確保の掲示板や sensor 警報装置を設けるなど設備面の対策も取り入れる。
- 7) 保護具の着用は、あくまで併用すべき安全対策と考えさせる。

部位	保護具	現場での使用実態
頭	保安帽、安全帽、hardhat	◎
目	眼鏡、goggle	○
耳	防音保護具 (耳せん、earmuff)	△ 特殊工事 ◎
顔	防塵面、溶接用面	◎
手	rubber手袋、皮製手袋、腕cover	◎
呼吸器	空気呼吸器、酸素呼吸器、送器mask	○ 特殊工事 ◎
足	安全靴、長靴、すね当て、甲protector	◎
皮膚	防毒衣、防熱衣、作業衣、前掛け	○ 特殊工事 ◎
身体	高所用安全belt	○



写 4 防護 mask 着用

9. 不安全な設備

- 1) 安全な作業環境と作業設備を準備するのは元方事業者の責任です。まず、身の回りを整え、作業環境の5S（整理、整頓、清掃、清潔、しつけ）を行う。整頓された、清潔な作業場では、作業員も安全な行動をする。
- 2) 安全のために設置された装置や表示を、勝手に撤去することは許されない。
- 3) 不安全箇所がすぐに改善されない場所には、警告の掲示板を立て、仮の立ち入り禁止区域を指定する。さらに安全な施設の完成期日を示す。



写真5 5S運動

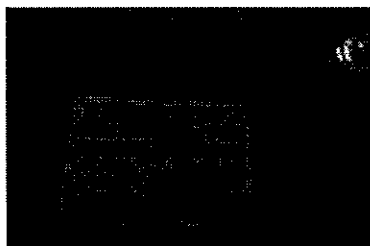


写真6 開口部養生NO



写真7 立入禁止期日記入

- 4) 設備や機器は、製造規格や現場受け入れ検査に合格した。かつ、人間工学を考慮した配置や構造で、human errorを防止できるものとする。

10. 安全衛生体制と規則

- 1) 元方事業者は、建設現場における安全衛生管理の基本方針、安全衛生の目標、労働災害防止対策の重点事項等を内容とする安全衛生管理計画を作成する。
- 2) 元方事業者は、労働災害防止上問題を生じやすい過度の重層請負の改善を図る。
- 3) 現場の安全衛生管理は、元方事業者が計画し実行し確認し、責任を負う。安全作業指示(STA)やtool box meeting (TBM) は元請の監督者長の仕事だ。
- 4) 元請の責任者は、安全のための施設、保護具、規則、基準、許認可用紙を準備し、作業員の教育をする。
- 5) 下請業者は、staffとして、元方事業者の安全活動を支援する。
- 6) 元方事業者は、請負契約において労働災害防止対策の実施者及びそれに要する経費の負担者を明確にし、労働災害の防止に要する経費のうち下請負人が負担する経費については、請負契約書に添付する請負代金内訳書等に当該経費を明示する。
- 7) 元方事業者は、関係請負人に対する安全衛生指導を適切に行うため、次の事項等を関係請負人に通知させること等により把握しておく。

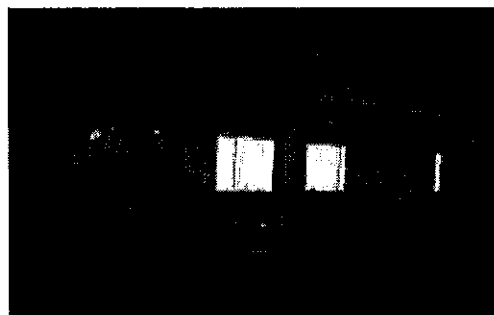


写真8 安全目標と休憩所

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">① 労働者の墜落防止のための防網の設置② 物体の飛来・落下防止のための防網の設置③ 安全帯の取付け設備の設置④ 車両系建設機械の誘導員の配置⑤ 作業場所の巡視⑥ 安全大会等への参加⑦ 講習会等への参加 |
|--|

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">① 関係請負人の名称、請負内容、安全衛生責任者の氏名、安全衛生推進者の選任の有無及びその氏名② 関係請負人の雇用する労働者の安全衛生に係る免許・資格の取得及び特別教育、職長教育の受講の有無等③ 関係請負人の安全衛生責任者又はこれに準ずる者の駐在状況④ 関係請負人が建設現場に持ち込む機械設備 |
|--|

1 1. 安全衛生教育

- 1) 現場に新しく参加する作業員に対して、安全の重要性、現場の特長、危険個所の説明などを行う。教材として、その現場を対象として作成した安全小冊子を作成して教育する。
- 2) 作業員の安全意識の向上のために、一般的な安全教育の他に、TBMの時間などに危険予知訓練（KYT）を行う。

新規入場者教育の内容

- ① 労働者が混在して作業を行う場所の状況
- ② 労働者に危険を生ずる箇所の状況
- ③ 混在作業場所において行われる作業相互の関係
- ④ 退避の方法
- ⑤ 指揮命令系統
- ⑥ 担当する作業内容と労働災害防止対策
- ⑦ 安全衛生に関する規定
- ⑧ 建設現場の安全衛生管理計画の内容



写真9 新規入場者教育



写真10 新規入場者記入状況

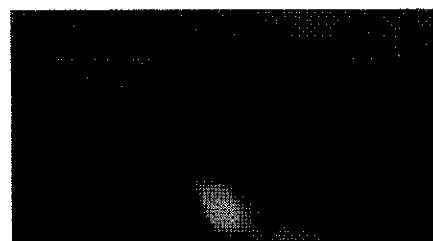


写真11 教育済 seal (年齢識別)

1 2. 日常の現場安全施工 cycle 活動の実施(例)

元方事業者は、施工と安全管理が一体となった安全施工cycle活動を展開する。

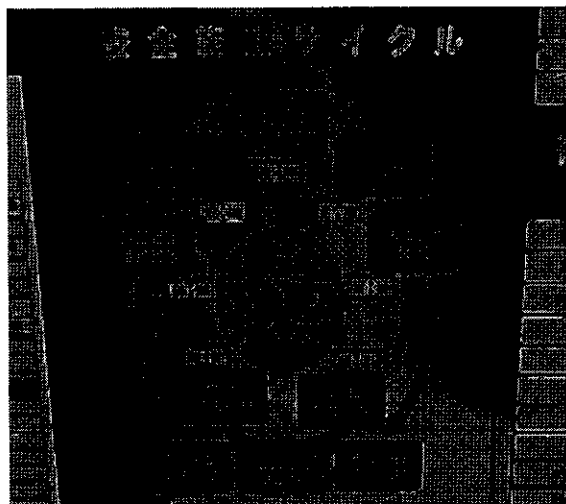


写真12 安全施工 cycle 掲示

- ① 安全朝礼・Radio体操（全員）
- ② 作業安全meeting（KYK）
- ③ 新規入場者教育
- ④ 作業開始前点検
- ⑤ 統括安全衛生責任者巡視
(店社安全patrol)
- ⑥ 作業中の指導・監督
- ⑦ 安全工程打合せ
- ⑧ 持場後片付け
- ⑨ 終業時の確認

現場安全管理pointの実例

- 1) 近隣との communication board と社会貢献活動を行う。

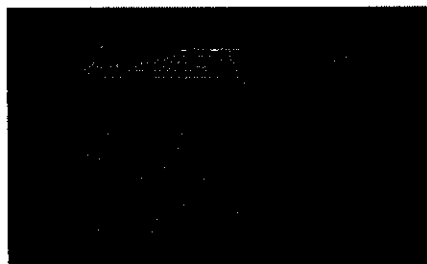


写真13 周囲万能版に作業内容表示



写真14 社会貢献活動 道路清掃

- 2) Radio 体操と朝礼（当番制）：
各現場で毎朝 10 分間位行う。
朝礼は安全を主体に行う。



写 15 朝礼状況



写 16 Radio 体操

- 3) 現場安全 patrol：毎朝、現場責任者と安全担当者が現場全体を視察する。

- 4) 月に一回、工事業者も参加して総合安全 patrol を行う。
patrol 結果は記録としてまとめて関係者に配布する。

- 5) Follow-Up Patrol：安全 patrol の是正確認のために
Follow-up patrol を実施する。

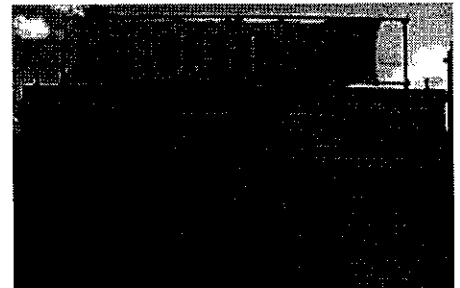


写 17 安全 patrol 状況

- 6) 安全垂れ幕、安全 poster、安全掲示板、安全旗を作製し、定期的に交換する。



写 18 安全垂れ幕掲示状況



写 19 安全掲示板

- 7) 安全衛生集会：月に 1 回、全員が集まり、安全担当者が主催して安全講和、安全訓練などを行う。

- 8) 一斉構内清掃日：週に一回程度、5S 運動の一環として全員が現場内の waste、不要物を整理し不要物は廃棄する。



写 20 現場周囲一斉清掃



写 21 現場内清掃道具置き場



写 22 廃棄物分別置き場

- 9) 安全衛生会議：月に1回、定期的にすべての関係者、責任者が集まり、工事の進捗に伴う問題点や対策を協議する。
- 10) 月間安全衛生計画：月に1回各業者毎に作成し関係先に配布する。当月の方針、活動予定、eventを紹介する。
- 11) STA と TBM：監督者は STA により、班長は TBM を通じて、作業員を安全指導する。
- 12) 安全時間 data：現場入口に本日までの安全記録を掲示する。そのため毎日、現場全員の作業時間を集計する。
- 13) ヒヤリ・ハット (Near-miss) 報告：下請業者の職長は、near-miss が発生したら直ちに安全責任者に報告する。
- 14) 安全提案制度：KYT により予知した事故を防止するため、提案記入させる。
- 15) Risk assessment について、平成 18 年 4 月に改正、施行された労働安全衛生法により、災害防止対策を実施 (risk assessment) して、未然に労働災害を防ぐことが努力義務事項とされた。



写 23 翌日の作業打合せ

Risk assessment とは

Risk assessment とは、労働災害や事故が起こる可能性と災害や事故が発生した場合の injury の大きさが、どの作業にいつ、潜んでいるかの調査 (洗い出し・見積り・評価) し、適切な risk 低減対策を実施すること。

建設業では、risk assessment を重点実施事項とし、より有効な安全対策の調査研究、講座の改正・整備、教育資料作成等を行い、事業場の安全衛生水準の向上を図るため積極的に推進している。(KYT で実践している)

Risk assessment の記録例

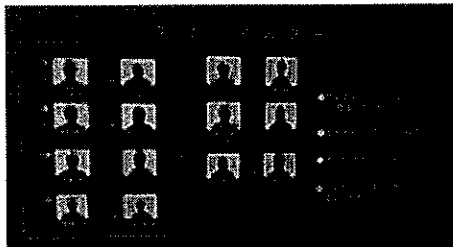
- ① 洗い出した作業
- ② 特定した危険性又は有害性
- ③ 見積もった risk
- ④ 設定した risk 低減措置の優先度
- ⑤ 実施した risk 低減措置の内容

1.3. 職長会 (leader 会) の設置

元方事業者は、関係請負人に対し、職長及び労働者の安全衛生意識の高揚、職長間の連絡の緊密化、労働者からの安全衛生情報の掌握等を図るため、職長会 (leader 会) を設置するよう指導する。



写 24 職長 master seal 着



写 25 Area 職長 master 掲示



写 26 職長会主催 熱中症対策

労働安全衛生法第16条において「安全衛生責任者」を専任することが求められる。下請

け事業主は「安全衛生責任者」として「職長」と呼ばれる作業員のleaderを各者配置する。元方事業者は、その「職長」に安全管理、品質管理、工程管理など、数多くの責任を委ねているわけで、その責任は非常に重く、現場の作業員communicationの根幹をなす。

14. 日常の心構え

「人間はmistakeをする。」一回目のcheckで不良5%が3%になり、2回目以降で0.5%になる。その仕事に一番詳しいのは自分であり、後工程に不良品を渡さないという気概を持って仕事をする。checkは頭を冷やして、一晩寝てから行う。

根本的な誤りやつまらない勘違いが、よく見えてくる。翌日まで待てないときは、頭を切り換える。Coffee breakをするだけでも効果がある。

時間に追われて仕事をするのではなく、時間を先読み、仕事の手順・段取りをすること。建設業は、段取り8分である。

【参考文献及び写真】

竹の山地区新設校建設工事(愛知県日進市)：施工：鴻池・太啓・鈴木建設工事共同企業体
東邦 Gas 工事(三重県四日市)：施工：株式会社山田組

平成 23 年度の建設業における労働災害発生状況：建設業労働災害防止協会（建災防）

渡辺康博「基礎から学ぶ実用機械の設計」Ohm 社平成 24 年 2 月発行

日本の土砂災害対策と防災上の課題

The subject of sediment disaster prevention in Japan

平野吉彦 Hirano Yoshihiko (応用理学／総合技術監理)

Abstract

In Japan, sediment disasters occur every year to cause the dead and the missing. Only 20% of structural measures to decrease sediment disaster hazard areas have been attained, so that it is necessary to take nonstructural measures to do it. Therefore, progress with technology for disaster prevention will be required for solution of the subject to decrease disasters.

1. はじめに

近年、日本では、豪雨・台風・地震・火山噴火という気象・地殻変動を誘因として様々な災害が多発している。土砂災害は、いずれの誘因でも発生し、全国的には毎年、死者・行方不明者が出ている。この土砂災害対策の現状と防災・減災に向けての技術的課題を述べる。

2. 土砂災害の発生状況と対策の現状

2.1 土砂災害発生件数と死者・行方不明者数の推移

図1に土砂災害の発生件数（1982年～2011年の30年間）を示す。

土砂災害は、「がけ崩れ」・「地すべり」・「土石流」による災害であるが、1991～1994年は雲仙の噴火による火砕流災害（火山災害に分類される）の発生件数、死者・行方不明者数も含まれていることをお断りしておく。

土砂災害は、毎年のように発生しているが、2004年以降、土砂災害発生件数が多い傾向がある。この傾向は、近年の地球温暖化の影響で集中豪雨の頻度が増加していることに起因していると考えられている。

死者・行方不明者数は、1982年長崎豪雨、1993年鹿児島豪雨で急増しているが、それ以外の期間を見ると大きな差はない。なお、2004年以降では、2004年と2011年に豪雨・台風が頻発した年であり、死者・行方不明者が増加している。また、土砂災害の種類を見ると「がけ崩れ」の発生件数が圧倒的に多い。

2.2 土砂災害対策の現状

(1) 施設整備による対策 (structural measures)

土砂災害対策施設は、急傾斜地対策工・地すべり対策工・土石流対策工である。土砂災害危険箇所は全国で約52万箇所あり、その整備状況は、2009年度末の全国集計で、「急傾斜地崩壊危険箇所：約26%」・「地すべり危険箇所：約23%」・「土石流危険渓流：約22%」（国土交通省資料）¹⁾であり、土砂災害に対するriskは依然として高い状況である。また、死者・行方不

明者が発生した土砂災害は、対策施設未整備の箇所が大部分であることが言われている。

施設整備の遅れと公共事業予算の縮小に対する対応は、現状での防災上の大きな課題になっている。

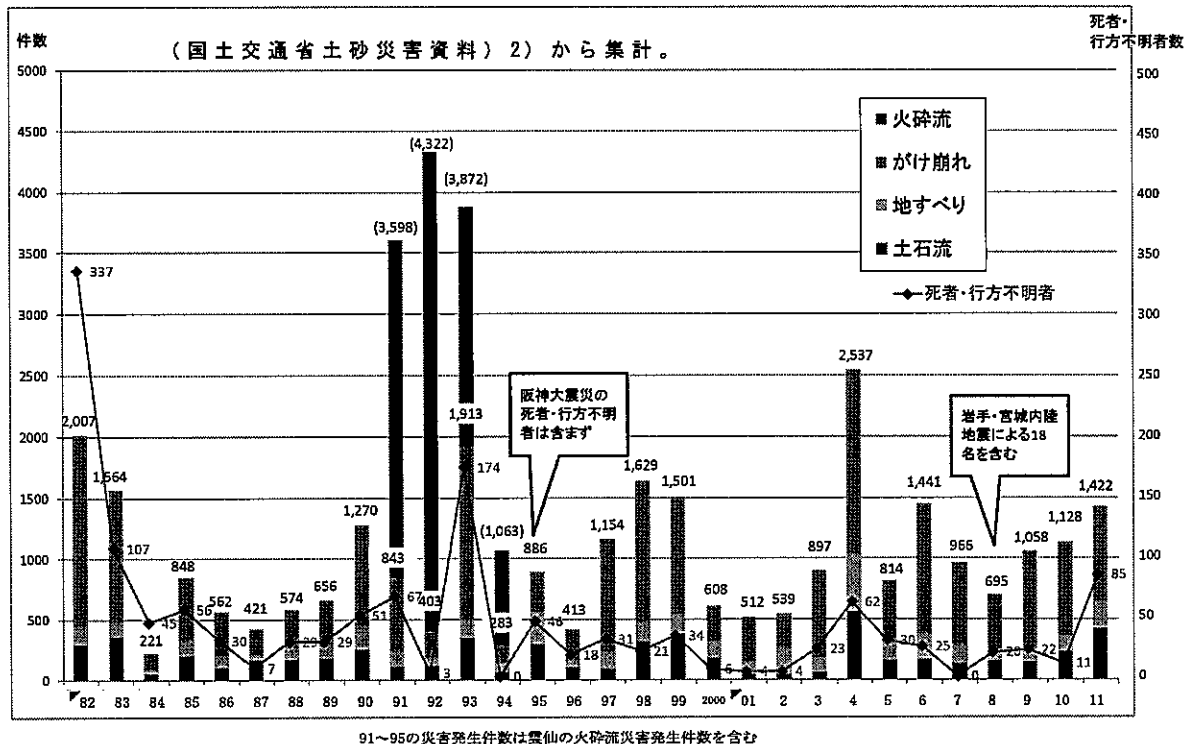


図1 土砂災害発生件数と死者・行方不明者の推移³⁾

(2) 警戒避難・法規制等による対策 (nonstructural measures)

近年、急速な都市化による宅地開発が進み、それに伴って土砂災害の発生するおそれのある危険な箇所が年々増加し続けている。そのような全ての危険箇所を対策工事により安全な状態にして行くには、膨大な時間と費用が必要となる。このため、危険性のある区域を明らかにし、その中で「警戒避難体制の整備」や危険箇所への「新規住宅等の立地抑制等」の nonstructural measures を実施するため、2000年5月に「土砂災害防止法」が制定され施行されている。

●土砂災害警戒区域の指定

本法にもとづく「土砂災害警戒区域」の指定状況は、2012年3月の段階で「急傾斜地の崩壊：約49%」・「地すべり：約26%」・「土石流：約51%」(国土交通省資料)⁴⁾である。

●hazard map

土砂災害 hazard map の作成状況は、2012年3月の段階で、対象となる1,606市町村に対して、1,141市町村が公表しており71%の整備率となっている(国土交通省資料)⁵⁾。

●土砂災害情報 system

各県では、雨量情報、危険箇所情報、避難場所情報等の情報を市町村や

県民に提供しており、土砂災害に対する警戒避難活動を支援している。この情報は、各県の homepage から閲覧できる。

3. 防災上の課題と提言

土砂災害対策の現状は、施設整備の限界から現状では警戒避難・法規制等による対策（nonstructural measures）を優先的に推進してゆかなければならない状況である。このような状況の中で、技術的に解決しなければならない課題と提言を記述する。

3.1 hazard map 整備上の課題

土砂災害危険個所の抽出や hazard map は、manual や guideline に沿って整備される。しかし、土砂災害は、誘因や現場ごとに特性があり、想定外ということが起こりうる可能性がある。豪雨と地震による土砂災害の違いを次に説明する。

（1）豪雨により発生する土砂災害

豪雨により発生する土砂災害は、水が集まる箇所に発生する。土石流はその典型である。また、「がけ崩れ」は、「集水型地形」や「地下水集水型地質」に多く発生する。

1967 年豪雨で「がけ崩れ」と「土石流」が発生した新潟県五頭山を例にする。この災害現場の「がけ崩れ」は、大部分が「集水型地形」に発生していた。特徴的なことは、31 年後の 1998 年にも同規模の豪雨が発生したが、「がけ崩れ」は少なかったことである。一度、「がけ崩れ」が発生すると、風化層が形成されるまで時間が必要なことを示唆しており、むしろ、豪雨を経験していない隣接した溪流の方が危険である。

（2）地震により発生する土砂災害

新潟県中越地震および新潟県中越沖地震で発生した「がけ崩れ」を例にする。「がけ崩れ」は、尾根型や台地型の凸状斜面に多く発生していた。また、中越地震以前は、地震では「地すべり」は発生しないと考えられていたが、この地震により、流れ盤を形成する地層で多くの「地すべり」が発生した。

（3）地震後数年間の「がけ崩れ」

新潟県中越地震を例にする。地震により土砂災害が多発した周辺で、数年間、「がけ崩れ」が発生した。この現象は、地震によって緩みが生じた個所を残らず把握することが困難であり、安全性が確認されるまで警戒する必要があることを示唆している。新潟県では、この対策として土砂崩れ対策委員会を設置し、毎年、土砂災害の分析を行い、patrol 体制や道路管理基準に反映させた。

地震発生後数年間は、土砂災害警戒態勢が必要となる。

【提 言】

以上のように、土砂災害に対する警戒避難・法規制等による対策（nonstructural measures）は、豪雨と地震を分けて考える必要がある。

したがって、「豪雨土砂災害 hazard map」と「地震土砂災害 hazard map」を整備し、対策を進める必要があると考えられる。

3.2 土砂災害対策施設の維持管理の課題

日本では、1961年に災害対策基本法が制定され、それ以後、対策施設が整備されてきた。このため、古いものでは50年経過しており、これまで整備された膨大な対策施設の延命が課題である。

例としては、地すべり対策工が上げられる。地すべりは、地下水上昇によって活発化することから、その対策として集水井や集水 boring が多く採用されてきた。しかし、時間の経過とともに「scale」と呼ばれる沈殿物により目詰まりを起こし、所定の効果が発揮できなくなっている現場が数多く存在している。

〔提 言〕

維持管理・更新の timing を決定する手引き作り、効果的な補修方法（例えば目詰まりを起こしにくい方法）、延命処置に関する研究・開発が必要である。また、施設更新に対しては、新素材・新技術を活用した低 cost の工法開発が必要であると考えられる。

3.3 高齢者社会への対応

日本では、少子高齢化が進行している。土砂災害危険個所が多く存在する中山間地では、高齢化や過疎化がさらに深刻な問題になっている。このため、避難指示や情報伝達の遅れによる逃げ遅れの問題があり、早期に正確な避難指示を出すことが課題である

〔提 言〕

土砂災害発生の誘因・素因（地形・地質・植生）をもとに、地域ごとに解析・検討を進め、早期に避難指示が発令できるような土砂災害情報 system の開発が必要であると考えられる。

4. おわりに

ここでは、土砂災害から人命を守るための技術的な課題と提言を記述した。防災に関わる技術は多岐にわたる。したがって、技術部門相互の協力により、防災・減災に取り組む努力をして行きたいと考えている。また、防災に関わる技術士として、防災・減災の現状を一般市民へ正しく伝え、防災施設整備の必要性、自主避難の必要性を理解していただくことも重要な役割であると感じている。

引用文献

- 1) 国土交通省（2010）：土砂災害危険個所の整備率。
- 2) 国土交通省（2012）：近年の都道府県別土砂災害発生状況。
- 3) （公）日本技術士会北陸本部（2012）：北陸地方の災害と防災・減災その 1。
- 4) 国土交通省（2012）：土砂災害警戒区域等の指定状況。
- 5) 国土交通省（2012）：平成 23（2011）年度国土交通白書。

ET の会における工学倫理教育の実践

春田 要一（金属／総合技術監理）

Abstract

It has worked as an activity the engineer ethics education in the university and technical college main at “ET no Kai” since 2006. A lot of lecturers' training is necessary to need the lecture of the omnibus method, and the lecture enhanced while attempting the mortgage of lecturer's quality is promoted. The continual improvement is attempted aiming at a better lecture. It reports on the activity case with the engineer ethics education by “ET no Kai”.

1 はじめに

公益社団法人日本技術士会中部支部の分科会であるETの会では大学・高専等での技術者倫理教育を重要活動として位置付け、2006年より技術者倫理教育を実施している。

岐阜大学に始まり、豊田工業大学、鈴鹿工業高等専門学校、大同大学、三重大学、豊橋技術科学大学等へと年々技術者倫理教育の場が広がりつつある。非常勤講師である技術士は本業の傍ら活動する必要がある、個人の負担をできるだけ掛けずに取り組めるように複数の講師が分担するOmnibus方式を採用している。

年々講師陣の増員が必要となり、講師の品質を担保するために、講師の教育も兼ねかつ講師の自己研鑽を図りながらETの会の活動を実施している。これらの活動内容について報告をする。

筆者はETの会で教育担当の副代表幹事という役割の中で大学・高専の非常勤講師の取りまとめを行っており、ETの会の大学・高専での教育活動全般について触れることにする。

2 ETの会について

2.1 ETの会とは

2005年に数十名の技術士有志が中心になり名古屋工学倫理研究会（大学の先生による会、NEEF）との連携を取りつつ発足した。当初懺悔の会で始まっており、その活動は新しい価値の創造を目指す中での未知との遭遇に期待をかけてEthicsのETをとり、ETの会と命名した。

全国的に技術者倫理あるいは技術者倫理教育に関心を持つ方への門戸を広げている。

2.2 ETの会の活動

年1回の総会、年4回の例会、年8回の研究会を開催している。

名古屋市主催のなごや環境大学共育講座としてTechnology-Cafeを2006

年より通算 52 回開催している。

会誌として「技術倫理と社会」を 2006 年から毎年 4 月に発行しており、本年度は第 7 号を数えるまでに至っている。限定 300 部で一部寄贈し、希望者には印刷協力費で提供している。その他書籍の発行等実施している。

大学、高専からの要請に応じて Omnibus 方式による技術者倫理教育を 2006 年より実施している。

3 技術者倫理教育の実践¹⁾

3.1 実践の経緯

2006 年より 岐阜大学工学部

2007 年より 豊田工業大学

鈴鹿工業高等専門学校

2008 年より 岐阜大学工学部 3 年全学科対象 (540 名)

岐阜大学大学院 (社会人学生): 隔年

2009 年より 大同大学情報工学科

三重大学大学院地域 innovation 学研究所

(guest speaker)

2011 年より 豊橋技術科学大学

その他単独で南山大学、愛知工業大学等の教育も実施中

3.2 岐阜大学での実践²⁾

2006 年に土木工学の学生 89 名を対象に夏期集中講座として E T の会の会員である技術士 4 名により 5 日間で試験を含め 15coma の講義を開始した。集中講義は単位取得の学生には歓迎されたが、詰め込み式では技術者倫理教育は無理であることを痛感した。

2007 年からは講師陣を 5 名として講義日間隔を空けて座学とともに学生に自分で考えさせることに重点を置き、課題 report を提出させ評価させることにした。

2008 年からは工学部 3 年生を全員対象 (約 540 名) で前学期 2course、後学期 2course で各 10coma、合計 40coma を担当することになった。講師も 2 名増員し、各 course 15coma 中 10coma は共通講義として E T の会会員講師が対応し、残り 5coma は岐阜大学工学部の先生が専門分野ごとに講義を担当 (一部社会基盤工学は J A B E E 認定対照) した。課題レポートを提出させ、共通講義 65 点、専門講義 35 点で評価した。

2008 年は大学院社会人学生 12 名 (28 ~ 62 歳) の技術者倫理教育を 3 名の講師で開始した。本講義は隔年で実施中である。

2009 年は専門講義の内、応用化学科の講義 5 coma も担当することになった。group 討議による講義で化学系の 3 名の講師で対応した

Technology and engineering ethics I, II, III, IV										
科目名		技術と技術者の倫理								
		I		II		III		IV		
corse		A	B	A	B	A	B	A	B	C
学期		前学期		前学期		後学期		後学期		
曜日 時限	講義内容	水3		水4		水3		水4		
1週目	guidance	E		E		E		E		
2週目	技術者倫理の目的	E		E		E		E		
3週目	科学技術の正しさとその限界	E		E		E		E		
4週目	科学的知識と技術	E		E		E		E		
5週目	技術知の戦略	E		E		E		E		
6週目	組織における技術知と情報	E		E		E		E		
7週目	技術の専門職という立場	E		E		E		E		
8週目	誠実な仕事	E		E		E		E		
9週目	義務と同意・説明責任	E		E		E		E		
10週目	透明性の確保、安心、技術と法	E		E		E		E		
11週目	技術専門知の役割	E		E		E		E		
12週目	専門学科事例研究1	G	E	G	G	G	G	G	G	G
13週目	専門学科事例研究2		E							
14週目	専門学科事例研究3		E							
15週目	専門学科事例研究4		E							
16週目	専門学科事例研究5		E							
学科		社会	応化	応用 情報	人間 情報	機械	機能	電気	生命	数理
E:ETの会講師 G:岐阜大学教授								は課題report担当		

表1 岐阜大学「技術と技術者の倫理」分担表

3.3 豊田工業大学での実践

2007年より豊田工業大学で講師6名による15comaの講義を開始した。JABEE認定講義であるため必須科目として約60名の学生が受講した。

出席点は考慮せず、課題report及び最終試験（技術士一次試験程度）結果に基づき評価した。

2009年より講師1名増員して7名で教育を実施している。

3.4 鈴鹿工業高等専門学校での実践

2007年より講師3名による技術者倫理教育を15comaマ中10comaの講義を開始した。残り5comaは専門学科毎に専門の教授が事例研究の講義を担当した。本講義担当教授は技術士でもある。

JABEE認定講義であるため必須科目であり専攻科学生が約30名の受講者である。座学に加えて一部group討議も取り入れている。

出席点と試験（技術士一次試験程度）結果により学生を評価した。

3.5 三重大学での実践

2009年より三重大学大学院地域 innovation 学研究科での「技術者倫理持論」8coma の内、6coma をETの会講師が非常勤講師としてではなく guest speaker として担当している。

地域 innovation 学研究科は4年生大学卒業者、社会人学生、留学生を対象としており、十数名と少人数である。また大学からの要請もあり group 討議を主体とした講義を行い、課題 report で評価を行っている。

社会人学生の中にはすでに技術者として活動経験がある人も多く、group 討議及び課題 report の label は高い。

4 講義を実施しての所感

工学部学生と社会人学生の report の格差が大きい。既に技術者であるか否かによる差があるからである。

技術者倫理教育は本来技術者を対照にすべきである。学生は技術者ではない。技術者倫理を教える前に技術とはなにか、技術者とは何かを先ず教育する必要がある。

知識としての技術者倫理ではなく、実践学としての技術者倫理教育が重要である。そのためには日頃からの意識付けにより感受性を高める努力が必要である。

小さな倫理問題や事例問題を日頃から考える習慣を付けていないと、重大事件・事故・災害の防止も難しい。これは、Heinrich の法則に通じるところがある。事例研究を重ねることにより高い倫理感が身に付いてくる。

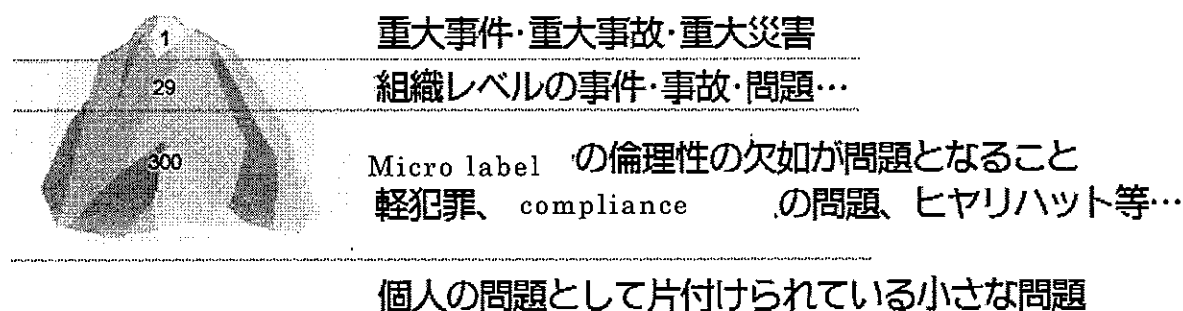


図1 heinrich の法則と事例問題の関係

5 JABEE と技術士の関係

日本技術者教育認定機構（JABEE：Japan Accreditation Board for Engineering Education）は、技術系学協会と密接に連携しながら技術者教育 program の審査・認定を行う非政府団体である。

JABEE 認定 course 修了者は技術士一次試験の免除の制度がある。韓国 ABEEK（韓国工学教育認定証院、Accreditation Board for Engineering Education of Korea）ではこの制度はない。

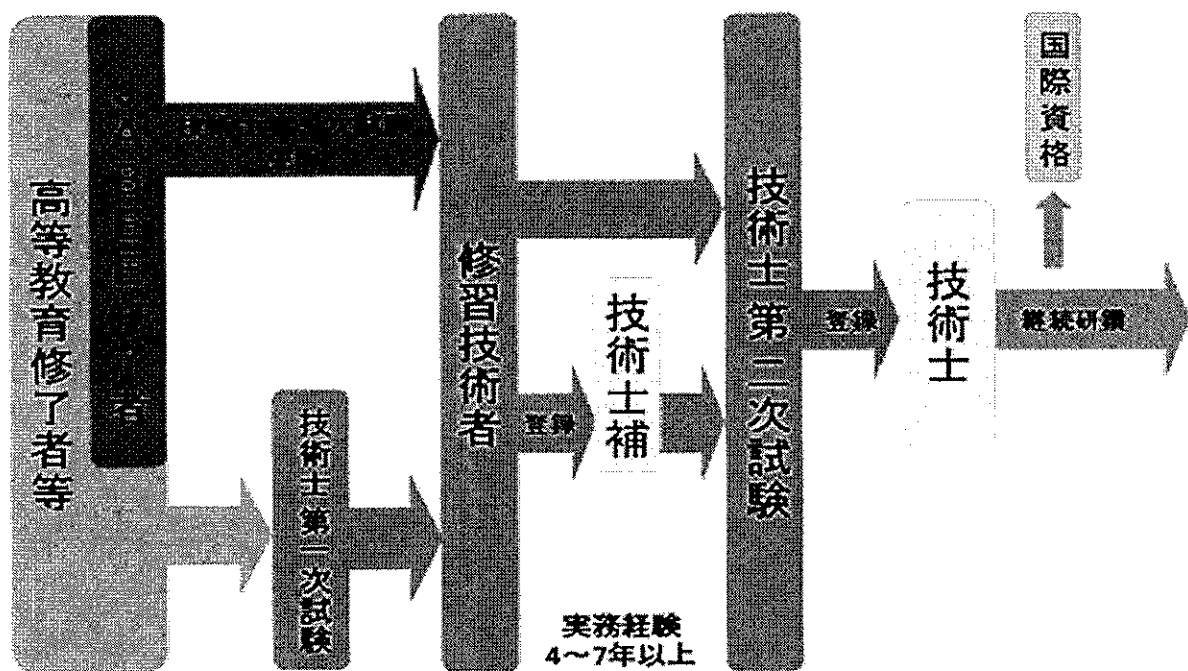


図2 技術士試験制度

JABEEの学習・教育到達目標は下記のようになる。

- (a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養
- (b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解（技術者倫理）
- (c) 数学、自然科学および情報技術に関する知識とそれらを応用できる能力
- (d) 該当する分野の専門技術に関する知識とそれらを問題解決に応用できる能力
- (e) 種々の科学、技術および情報を利用して社会の要求を解決するための design能力
- (f) 日本語による論理的な記述力、口頭発表力、討議等の communication能力および国際的に通用する communication基礎能力
- (g) 自主的、継続的に学習できる能力
- (h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力
- (i) teamで仕事をするための能力

上記の内、(b)が技術者倫理に相当する。

経験が豊富でかつ技術者倫理が義務づけられている技術士による技術者倫理の指導が適しており、大学からの needs もある。

6 講師陣の増員と講義品質の担保

講師の人数は2006年4名、2007年8名、2008年10名、2009年13名、最大15名に至っている。新講師の教育や大学・高専での講義品質の担保を行う必要がある。

ETの会では年8回実施する研究会の中で講義内容の相互の発表、意見交

換等を図りながら内容の充実をさせている。

特に初めての講師は予備的講義を実施し、先輩講師や ET の会員より意見・提言を行うようにしている。新講師は先輩講師の講義を受講して参考にする場合もある。

講義の tool として科学技術振興機構(JST)の Web-learning の活用方法、video の利用方法、presentation 資料の作成 know-how、配付資料の作成方法はじめ、魅力ある講義を如何にするか、group 討議の効率的な進め方等の情報交換を行いながら、講義 skill の向上を図ってきた。

出欠確認方法の改善（どんな方法でも不正がある）重ねているが、講義途中で 2 回の short comment を書かせるのは最適であった。出欠を兼ねて受講生の集中力を高める意味でも効果があった。

7 継続的改善

各大学・高専での講義内容の充実を図るためには継続的改善を図る必要がある。

ET の会では各大学、高専の enquête 結果を参考にして年 1 回 9 月に各大学の教育方法、内容、講師陣の見直し、PDCA を回している。

また、各大学各講師の講義内容の共有化（重複防止の意味もある）を図るため、それぞれの講義内容を private web で check できるようにしている。各講師が講義内容の更新を図り、事例の重複を避けるためにも最新の内容を見ることができるようになっている。

8 使用 text

当初、講義 text は技術士である杉本らによる第 4 版大学講義「技術者の倫理入門」を main に、参考図書として黒田らの「誇り高い技術者になろう」を使用した。

2008 年からは各講師の presentation 資料を取りまとめた専用 text を印刷物として併用した。

学生に購入させたが単価が高くなり学生からは不評であった。そこで、2010 年からは presentation 資料を大学の web system 等を利用し、事前に学生がコピーをさせるようにした。

2012 年から、ET の会会員である比屋根均氏が上梓した書籍を採用、参考図書として前述の「技術者倫理 日本の事例と考察」を採用した。

9 まとめ

実践学としての技術者倫理教育には技術者経験が豊富であり法的に技術者倫理を義務づけられている技術士が適している。

KYT（危険予知訓練）と同様に、技術者も日頃から多発する事例の中に技術者倫理を考える習慣を身につけるべきであろう。つまり、学生が技術者として成長するには技術者倫理に関する感受性を高めることが重要である

韓国における技術士による工学倫理教育の実践活動の推進を推奨する。

10 おわりに

2012年7月のETの会例会で、金沢工業大学准教授である金永鍾（Kim Youngjong）氏による「韓国における工学倫理教育の現況」という講演を聴講した。韓国では「技術者倫理」よりも「工学倫理」の方が一般的であるとのことであった。本論文のテーマは「ETの会における工学倫理教育の実践」とし、「工学倫理」を使ったが本文では「技術者倫理」を使用している。

文献

- 1) 春田、田中、橋本、「技術士による大学・高専での技術者倫理教育の実践」工学・工業教育研究講演会・講演論文集、pp388-389、2009
- 2) 春田、「岐阜大学における Omnibus 形式の技術者倫理教育」技術倫理と社会、第2号、pp12-15、2007
- 3) 杉本、高城著「第4版大学講義技術者の倫理入門」丸善、2009
- 4) 黒田、戸田山、伊勢田「誇り高い技術者になろう」名古屋大学出版会、2004
- 5) 比屋根著「技術の営みの教養基礎 技術の知と倫理」理工図書、2012
- 6) 田岡、橋本、水野編著「技術者倫理 日本の事例と考察」丸善、2012

Kingdom of Thailand における技術者倫理教育事例

橋本 義平(情報工学)

Abstract

Recently, I have experienced a chance of lecture about Engineering Ethics to Thai graduate students in Kingdom of Thailand. As one of cases in Engineering Ethics education, I'll introduce here my experience.

1 はじめに

筆者はさる 8 月 6 日より 10 日までの 5 日間、Bangkok(Thailand) 郊外の Science Park 内にある TAIST (Thailand Advanced Institute of Science and Technology) において、Thai 国内 11 大学から選抜された 24 名の理系大学院生に対して延 15 時間の技術者倫理に関する集中講義を行った。

数年前に筆者は FEIAP (Federation of Engineering Institutions of Asia and the Pacific) の倫理綱領作成のための小委員会の chair を務めたことがあった。その際の議論を通じて、それぞれの国の文化や経済環境の違いによっては倫理的観点が微妙に異なる部分のあることを感じていたので、まだ技術者倫理の教育が普及していない国において学生たちがこれをどのように受け止めるであろうかということとは筆者にとって大きな関心事であった。同時に、海外への留学も駐在経験もない筆者が外国での長時間にわたる英語での講義、しかも技術者倫理という theme でどのような成果を収めることが出来るだろうかということにも関心があった。

さらに日本語では技術者倫理 (韓国では技術倫理) というが、英語を使って話す以上、受け手側が “Engineering Ethics” の Engineering という言葉をどのように理解しているだろうかということについても多少の危惧を持っていた。

今回の筆者の経験を紹介することが読者諸氏の技術者倫理の教育においてなんらかの参考となることを期待して筆をとることにした。

2 TAIST

TAIST は Thai 国における科学技術分野の人材開発のために NASTDA (National Science and Technology Development Agency) と Thai 国内の大学および国外の大学・研究機関とが協力する仮想大学院組織のことであり、今回は TAIST Tokyo Tech という講座名で日本側から東京工業大学が協力して実施されている修士課程の Environmental Engineering program の compulsory courses の科目のひとつとして参加したものである。

NASTDA は Bangkok 市内から Ayutthya 方面へ約 40km ほど北にある Thammasat 大学の campus に隣接した Science Park 敷地内にあり、近隣の住民居住地域とはかなり異なったおもむきの敷地のなかに多くの先端的研究機関が入居している。いわば地域から隔離したともいえる環境であるために研究者・職員・学生の多くは併設の dormitory に居住しているが、日常の生活必需品は週に数回、構内で開かれる臨時の tent 市場で買い求めなければならないという珍妙な風景も見受けられた。日本においても、かつて筑波研究学園都市構想が出され、人工的に作られた都市空間

に生活臭が感じられるようになるまでずいぶんの時間を要したことがあったが、それに似て壮大で清潔感にあふれているものの異質な人々の住処といった感じを抱かせるような佇まいである。まさしく Thailand の国策としての科学技術への意気込みを感じさせる風景である。

3 教材

講義にあたってはどのように進めるか皆目見当がつかないながらも、まず ppt 資料を見せながら一方的に話すのではなく学生の手元に残せる教科書を作成することにした。これには C. E. Harris, Jr.等の”Engineering Ethics”を下敷きにして初心者向けに書き直すことにした。本講義において技術者倫理を紹介することは当然のこととして、やさしく書き直すことには二つの目的があった。まず国からは指導者となるべく期待されているものの技術専門職としての意識をいまだ確立できていないであろう学生たちに技術専門職の意味を理解できるようにすること、さらには技術者に要求されている力量(competency)とは何かを理解させることによって指導者の能力とは何かを気付かせることである。

さらに講義時間の約半分を case study にあてることにして Space Shuttle “Challenger”と”Columbia”の事故、NSPE (National Society of Professional Engineers) の倫理事例等を含めて 21 個の cases と DVD (Incident at Morales)、さらに判断基準の参考にするものとして 7 つの技術者団体の倫理綱領を準備することにした。

ちなみに準備した Text の内容はおよそ次のとおりである。

1. **Engineering Ethics**
what is profession, professional ethics, engineering ethics as preventive ethics
2. **Responsibility in Engineering**
obligation-responsibility and reasonable care, good work, do engineers need virtue, impediments to responsible action
3. **Honesty, Integrity, and Reliability**
forms of dishonesty, why is dishonesty wrong, confidentiality in client-professional relation, informing the public, conflicts of interest
4. **Safety, Risk, and Liability in Engineering**
difficulties in estimating risk, utilitarianism and acceptable risk, the layperson's approach to acceptable risk, informed consent and justice, becoming a responsible engineer regarding risk
5. **Engineers as Employees**
the codes and employer-employee relationships, the manager-engineer relationship, proper engineering and management decisions, responsible organizational disobedience, implementing professional employee rights
6. **Engineers and the Environment**
engineering codes and the environment, controversy over the environment, balancing wealth and health, the scope of professional engineering obligations to the environment
7. **International Engineering Professionalism**
the culture-transcending (ct) norms identified and explained, applying the ct norms, bribery, extortion, grease payments and gifts

4 講義

Thailand の人々の名前は我々に馴染みが薄いため発音が難しく、学生に呼びかけるには苦勞をしそうだと予想していたところ、これまでの外国人教師達の経験

からであろうか事前に学生の顔写真と nickname が記された学生の一覧表が渡された。(彼らの nickname はこの授業のためだけではなく普段から日常的に使用しているものらしい)

初日の朝、教室にはすでに secretary によって PC, Projector 等の環境はすでに set-up されており、日本の教室の状況とは少し違うことに驚かされた。もっとも、筆者は自分の PC を持ち込んだため、自分で繋ぎ変える必要が生じたのだが。

簡単な自己紹介のあと、DVD を使って case study “Incident at Morales” を見せる。投影後に若干の comment を加えながら学生からは印象を簡単に話してもらう。引き続き case study として有名な Space Shuttle の Challenger 号および Columbia 号の事故を紹介し技術者倫理の視点から講義のなかで話題となる point について付言することで初日の講義は終了。

2 日目からは、前半の 90 分はまず学生に交互に text を約半ページ程度ごとに読ませながら、記述内容についての補足説明を加え、また ppt 画面を利用して要旨のまとめをおこなった。後半の 90 分は 4~6 名程度の group を編成 (group の構成 member は毎日入れ替えた) し、group ごとに case study の資料の中からひとつの case を割り当て、30 分程度 group の member 内で「倫理的問題の所在を確認し、事実関係を明確にして、実施可能な複数の解決策を提示し、的確な理由付けができる」ように討議を行わせたのち group ごとにそれぞれの討議の結果を発表させた。このときには floor の学生からも発言を求めて倫理的問題に関してはいろいろな見解が存在することを理解させることにした。この目的は case を学ぶことによって倫理課題の分析に必要な能力を高めることにある。事例についての議論は倫理的問題を解決するにふさわしい代替手段やそれによってもたらされる結果を考えてみようとすることで倫理的想像力を豊かにしてくれる。同時に議論の過程においては多様な見解が存在しうることを知り、こうした見解をまとめ上げていくにはどのようにしたら良いのかを学ぶことが出来る。



最終日には講義のまとめとして次の 5 項目をあらためて強調することにした。

1. Engineering Ethics is not a set of rigid rules. It is a useful tool and a success key for engineers.
 2. Because word “Engineering”, by nature, means also business entity, engineering ethics is not only a subject of engineers but also it is a subject of organizations using science and technology.
 3. It is not sufficient to have a knowledge of engineering ethics. It is important how you put it in practice.
 4. You should have a chance to think about your behavior if you are there in the accident happened in your neighborhood.
 5. Remember that engineer’s competency is almost same as manager’s or executive’s.
- 5 学生たちの反応

「案ずるよりも産むがやすし」という譬えがあるが、今回の講義の最終日に学

生たちに 4 日後までに internet を通じて Report 「Express your most impressive point in engineering ethics and your opinion what engineers have need to conduct ethically within 500 words 」の提出を求めたところ想像以上に優れた comment が提出された。学生たちの comment の中から彼らの意見を抜き書きする形で以下に紹介する。(文章表現は原文のまま。parenthesis 内は本人の nickname である)

・技術者倫理の理解

まず技術者倫理についてどのように受け止めたかであるが、

“The way of engineer to work follow as engineering ethics in each item is very difficult even through some items are live in every engineering conscious” (Sue)

“The study and teaching of engineering ethics should emphasize the development of knowledge and also enhance engineers’ mind to instill in them the principles of ethics” (Am)

“Neglecting to use engineering ethics in the work that caused to the loss, death, and low quality of the environment are showing the dilettante of engineers” (Nongning)

“I believe that engineering ethics relies on the ability of individuals to make sound moral judgments, which is based on exemplary character to make the difficult choices” (Book)

“Engineering ethics are like compass that point the correct way, tell the things those engineer should do. (Por)

“Understanding in codes of engineering ethics is important tool for engineer to manage when face the issues while they work” (Mink)

といった comment からは、はじめての技術者倫理の講義を学生たちは素直に受け入れてくれたように思われる。また Piao は自分の読書経験から Debra Shigley の Phrase を引用して、

“In school, it was always so clear what was the right thing to do. But then you get out there in the real world, and it’s just not like that. It’s a lot less clear when you are on the right track.” And this is the reason why there should be learning of the codes and ethics in any fields” (Piao)

と書き、すでに技術者倫理の心を理解しているように見える。

・技術者倫理に対する感想

講義を受けてどのように感じたかについての comment をみると俄然多くの主張が現われてきて面白い。

“Engineering ethics make me know that what I live and what I should do for in every day. When I confront with problems, I know what I should do next correctly and properly” (Chamod)

“I think we should start teaching about the basic ethical of professional in young engineer students. Honesty, integrity and reliability are important topics to being a good engineer. Student who learns about engineering ethics can increase the knowledge of relevant standard and improve ethical judgment.” (Pui)

“Engineering ethics is an issue that goes to the heart of engineering practice” (Fai)

“I am impressive to in conduct themselves honorably, responsibly, ethically, and lawfully so as to enhance the honor, reputation, and usefulness of the profession” (Mod)

“If we do the good think, it result to good environment and all people around us” (Mod)

“Where we can do follow ethics we need to start from subconscious our mind and slowly adapt our attitude and make a proud and our assignment” (Mod)

“In personal, I think the things that engineer have to conduct ethically when at work are to think to others before myself, not ignore to every problems such as conflicts of interest, lying, deliberate deception or failure to seek out truth and try to find the best way to solve the problem honestly, and do practice the best as I can” (Por)

なかでも秀逸なのは Mod の主張だろうか。その他にも、

“Understanding in codes of engineering ethics is important tool for engineer to manage when face the issues while they work” (Mink)

“Engineering ethics makes me retain the engineering dignities, be confident, and respect to this career. Moreover, engineering ethics can help the society more livable” (Por)

“I am impressive in ethics of engineer is the engineer shouldn't be lying because their reliability on client will decrease” (MaDeaw)

“Environmental Engineering ethics make me understand that ethics is more important than another thing because it can make my society to be claim and happy” (Film)

等があり、Mink は本質を見出しているようである。

・技術者の姿勢

講義を聞いた学生たちは技術者の行動についてどのようにあるべきと考えているのだろうか。

“Each engineer should be cautioned that engineer life is the study life to learn everything to make the best affordable work for safety and risk protection in each recently and future society” (Sue)

“The last but not least the easiest way to prevent disaster is common sense of engineering like us” (Ton)

“We need to think about accuracy and security including applications of engineering standards, especially we must honest to myself” (Bin)

“The money is not live with you forever but the happiness from help public live with you forever” (Jack)

“I must graduated with the knowledge and conviction that I have a professional and moral responsibility to myself and to my fellow human being to defend the truth and expose any questionable practice that will lead to an unsafe product or process” (Su)

常識的とはいえ Jack や Su のような意見が出てくことは嬉しい。

“I believe engineers who have engineering ethics both in thinking and action will create good things for earth” (Wauw)

“In my opinion, honesty is the best characteristic of engineer due to that contributes to behave the responsibility and occurs common interest also” (Mink)

“Every engineering design project there are fundamental trade-offs between the technical and such obvious ethical considerations such as human life, happiness, and well-being” (B)

“In a world increasingly shaped by technology, engineers have a moral obligation to consider the consequences of their choices” (Ae)

“The value of a good engineer will persist and even death can't obliterate it away” (Chamod)

“Engineers are aware of the embeddedness of technical systems into their societal, economic and ecological context, and their impact on the lives of future generation” (Jane)

“The concluded of the all engineering ethics that cover all but it depend on the engineer will do it or not. If he does it, the people live under technology as happy ending” (Boat)

“the ethics of engineer is not to be restricted engineer but these can protect engineer from unexpected evidence. If engineer act in bound of ethic, any adverse effect can't affected to engineer. So engineer's ethics is very important for every side of engineering” (MaDeaw)

Chamod や Jane にはすでに自分たちの未来に視点が向いているように見えるし、Boat の “it depend on engineer will do it or not” の指摘もすばらしい。

・授業に対する評価

ここで初めて出会った技術者倫理の講義に対する反応としては、

“This type of decision-making comes with experience, but the basic principles can

be learned” (Ae)

“Most impressive point in study is example engineering ethics cases that occur. Those ethics story cases made to see differential making decision of each professional that stayed in each event, aspect of outsider saw event, view point of each reader including discussion between group of narrator and group of listener. These are make we have widely aspect in ethics then make we know we should choose the best method to solving the problem. (Wauw)

“I must acknowledge you for teaching this subject to me” (Mink)

“The good way to teach engineering ethics is the using cases to student for train them analysis which this course should add as main subject for student in secondary and Bachelor’s degree in order to increase comprehension about general or professional ethics” (Mink)

“This timely study about engineering ethics will indeed provide a wealth of source material with which engineers and engineering students may wrestle to good effect” (JibJib)

“Engineering ethics case studies for group after that we read and learn about it, I think the use of cases is an important aspect of developing skills in the practice of preventive ethics because professionals must always make decisions. In addition, the study of cases in professional ethics is valuable practice for engineers who aspire to management, for many ethical problems are also management problems and ethics usually makes for management” (JibJib)

と、このように講義内容に対して理解を示してくれているようである。



・その他

それ以外に目についた意見としては、

“we often ask where we should draw the line between acceptable and unacceptable actions” (Ton)

“Engineers and managers must find the middle point of working scope” (Nongning)

“I feel that engineering must be considered a social as well a technological discipline and judged not just by whether its artifacts work, in narrow sense, but also by how they influence and serve social values” (Book)

“We need to change and improve to protect the loss and receive the most useful and

sustainability” (Pooh)

といった見解も重要な視点であろう。

6. おわりに

学生たちの英文はけっして上手とは言えないまでも、彼らの Report はそれぞれ主張が明確であり、十分に理解することが出来た。選抜された学生達だったとはいえ、将来、自分たちが担うであろう役割を意識した考えを述べてくれたように思われる。学生たちには短い期間での集中講義であったが、この間、真剣に受講してくれたことに感謝するとともに、この期間を通じて普遍的な人間の知恵の共通性にあらためて感じさせられたという気持ちがしている。

本稿が技術者倫理教育の現場において何らかの参考となれば筆者の欣快とするところである。

(以上)

法工学による事故解析と事例

平野 輝美（化学）

Abstract

We will introduce Forensic Engineering and framework for analysis of accidents and incidents in last year. In this presentation, I show FRAMEWORK in Forensic Engineering. I used the FRAMEWORK with an analysis report.

1 法工学概論

第41回日韓技術士会議で“法医学”に対応する概念として“法工学”をご紹介した。Forensic Engineeringと訳される“法工学”では、技術的観点から事故・故障や事件に対する調査・解析や判断などの支援を実施する。

社会では、機械設備などの多くの製造に使用する設備など、自動車や鉄道などの輸送 system など、食品や医薬品などの最寄り品製造 line など、日々、多くの事故・故障や事件が発生している。これらの事故・故障の原因調査・解析・再発防止・安全確保など、いわば工学者（もしくは Engineer）が行うべき業務について法工学という概念がある。

著者らは、「法工学概論-事故・故障調査フレームワーク（framework）」（有限会社納諾相研究所, ISBN 978-4-9905828-1-4）をまとめた。本書は、法医学に対する法工学を実施すべき主体として、明確な第三者の立場を有すること、工学的な解析や理解において基礎的素養を有すること、技術士法による倫理的制約・守秘義務・公益優先責務などを課せられている技術士が最も適していることを提示している。「法工学概論-事故・故障調査フレームワーク（framework）」の内容を紹介し、技術士による業務の可能性を提示した。

2 法工学概論における法工学と framework

2.1 法工学の取扱うべき範囲

法工学において取扱う内容は、人が関連する事故や事件以外の全ての trouble である。人が関連する場合は、医師法により医師による対応が求められる。人が関与しない場合では、その事故・故障は、工学的な概念や考えを基礎として解析し、原因究明を図り、再発防止と安全・安心の確保を図る事が求められるのである。

第1図に、法工学概論に提示される法工学の取扱うべき範囲と弁護士・裁判所等の範囲を示す。また、法工学に関連する工学的・技術的分野の例を示す。

第1図に示すように、社会の trouble を解決する system である裁判・弁護士に対して、解決に役立つあらゆる科学的・工学的な情報を提示し、分析・測定・調査などを背景として、経験や学識に基づく判断として提示する事が法工学の領域と考えられるのである。そして、法工学による支援を実施する主体として、技術士が最適であると考ええる。

2.2 事故・故障調査の標準的手法

技術士に限らないことであるが、現実に発生した事故・故障のような事象を調査・解析して、その原因を理解するためには、実施すべき手順の原則がある。

創造工学研究所と産業科学研究所がまとめた法工学的事故・故障調査フレームワーク (framework) である。

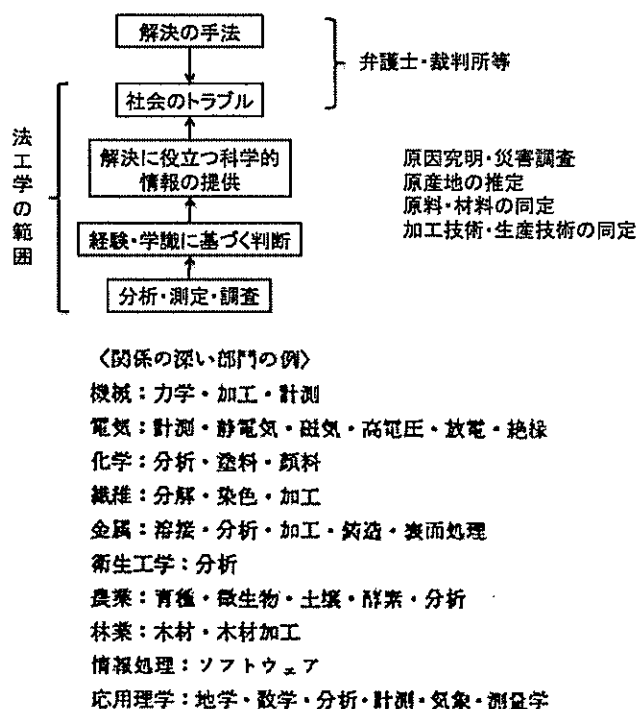
事故・故障調査フレームワーク (framework) として、調査における標準的な手順を以下に示す。

- (1) 事件・事故・故障に関する背景研究
 - (a) 物的証拠および観察に基づく情報等を記録した書類
 - (b) 製造物・製品やserviceなどに直接的に関連する書類等 (実証的情報)
- (2) 破損・故障した製造物・製品の実験室的検査
- (3) 破損・故障modeと破損・故障mechanismの判定
- (4) 原因解明 (simulation/実証)
- (5) 事件・事故・故障の再構成による事件・事故経過の推定
- (6) 事件・事故・故障の原因・因果関係と責任の判定
- (7) 報告書作成
- (8) 報告書における勧告・意見

実際の事故・故障調査では、これらの全ての手順を実施する必要はないかもしれない。一部は実施されないこともあるだろう。しかしながら、frameworkの全体を理解しながら調査を進める事は極めて重要なことである。

3 事故・故障調査と技術士と事例

事故・故障調査フレームワーク (framework) を活用した事例を紹介しよう



第1図 法工学の範囲と関連分野

う。本件は、一般消費材である CANOLA 油の plastic bottle 破損に関するものである。破損の機序について、顕微鏡等による観察から、明確に明らかになった事例である。法工学の観点をもち、工学的な解析を行った事例である。

3.1 事件・事故・故障に関する背景研究

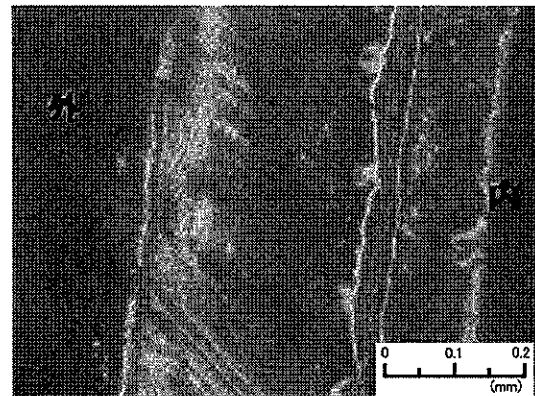
破損事故に関する基本的情報について調査を行って、確認を進めた。破損の経過、現場情報に関する hearing 等を進め、技術的情報などを提示頂き、それらをまとめた。また、報告書を作成する上で参照すべき資料範囲を明確にした。

本件では、油 bottle が横倒しになったことにより、油 bottle に応力がかかり、その結果 plastic bottle が creep 劣化を引き起したように観察された。現場状況及び目視等による試料観察から、初期の解析を進めた。事故・故障調査フレームワーク (framework) に示すように、破損した試料について非破壊手法による観察を実施した。

3.2 破損・故障した製造物・製品の実験室的検査

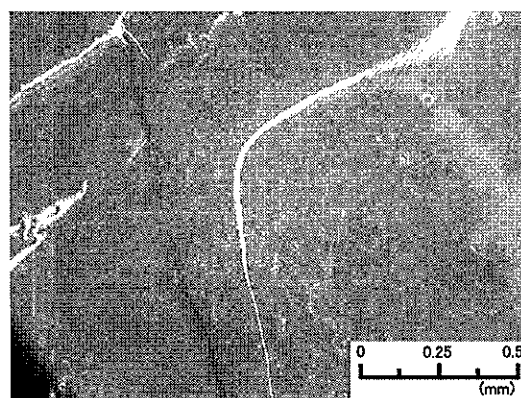
破損した試料について、次の段階の解析として顕微鏡などを活用した実験室的検査を実施した。実験室的解析では、顕微鏡等を用いることから、破損した試料を切り出して観察を実施した。

第2図に、破損した bottle の断面観察像を示す。このように、bottle を構成する plastic 材は、積層構造を有していることが明確に確認された。

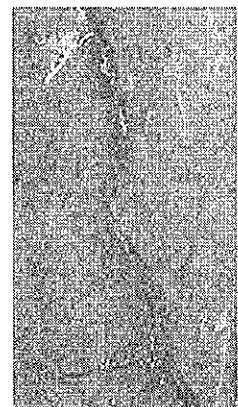


第2図 破損 bottle の断面拡大像

第3図に油 bottle 破損部分の外表面からの顕微鏡観察像を示す。図に示すように、plastic 材が亀裂を形成して破損していることが確認される。基本的観察情報を参照して、plastic 材料に印加された応力による creep 破損のように考えられる。



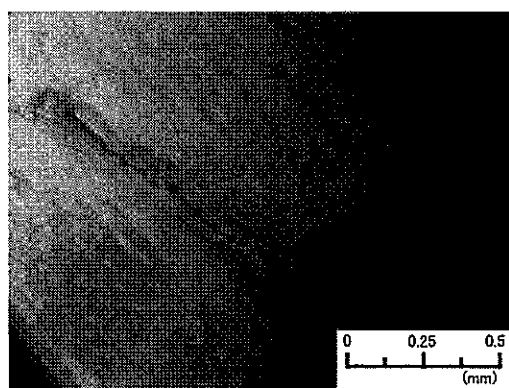
(a) 亀裂とその周辺



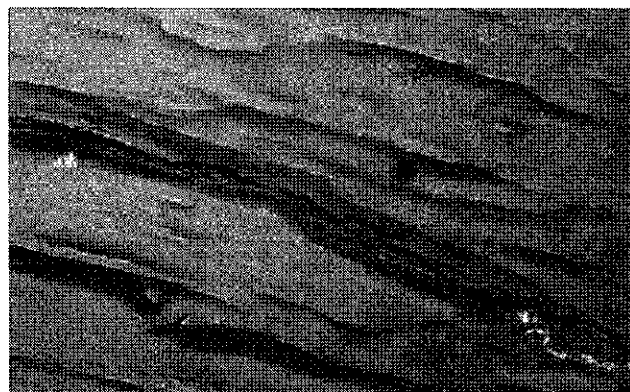
(b) 亀裂部分

第3図 破損 bottle の外表面顕微鏡観察像

第4図に、破損部（亀裂部）を内面部分から観察した象を示す。第4図に示すように、内面からの観察像では、特徴的な観察結果を得ることができた。第4図に示すように、plastic bottleの材料に、亀裂に沿った微細な割れ状の構造が観察された。このような内面状態は、破損したbottleに特有なものであった。第5図に、他社製CANOLA油bottleを観察した象を



(a) 亀裂部と周辺部



(b) 亀裂部

第4図 破損 bottle の内表面顕微鏡観察像

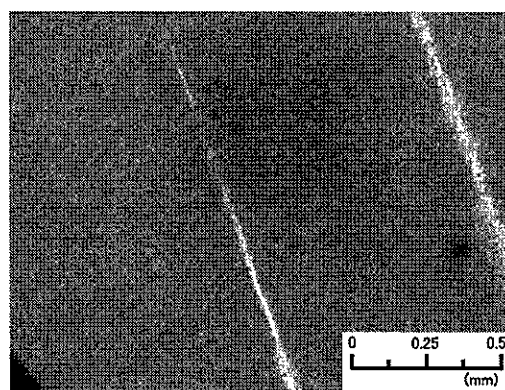
示す。第4図と第5図を比較して理解頂くことができると思うが、他社製bottleには微細な割れが無い。

3.3 破損・故障 mode と 破損・故障 mechanism の判定

破損した試料などの実験室的解析から、破損機序解析を行った。

本件破損は次のような mechanism によると考えられる。

- ① 保存された bottle が転倒し、bottle 側面部に過重が印加された。
- ② bottle を形成する plastic 材料が、応力による creep 現象により変形した。
- ③ bottle 壁面の材料がひっぱり応力に耐えられなくなり、構造的“欠陥”から亀裂生成した。
- ④ 亀裂が、bottle 内面に形成された EVOH の褶曲構造に沿って進展した。
- ⑤ bottle 内容物である油が漏れ出した。



第5図 他社製 bottle の内面観察像

3.4 原因と責任の解析

機序解析から、本件破損の原因と責任の解析を進めた。当日、講演にて議論を進めたい。

燃料電池の有効利用に関わる水素貯蔵合金技術

阿部 真丈（金属）

Abstract

水素を燃料として発電する燃料電池は clean なだけでなく、分散型電源や非常時に対応できる観点からも震災後は再生可能 energy と並んで益々注目されている。日本では、家庭用燃料電池の普及台数は 2 万台を超え、燃料電池車用の水素 station も 2015 年には 100 か所設置される目標である。しかし、水素は体積 energy 密度が小さいため、高容量水素貯蔵技術の確立は燃料電池はじめ水素利用 system に共通の課題である。ここでは水素貯蔵技術の動向と、室温で大量の水素を貯蔵できる Ti-Fe 水素貯蔵合金を紹介する。

1 はじめに

東日本大震災を契機に日本では energy 基本計画¹⁾の見直しに迫られている。原発は供給安定性、環境適合性（放射能無視）、経済効率性を同時に満たすという考えは破綻し、本年 9 月に公表された政府の革新的 energy・環境戦略²⁾には、2030 年代に原発稼働 zero を可能とするよう政策資源を投入することが明記された。原発を除くと energy 自給率がわずか 4 %³⁾という日本にとって、今後は代替となる新 energy（1 次 energy）の安定確保は当然ながら重要な課題である。同時に、そうした代替 energy が多様化する中で、作り出された電力や熱（2 次 energy）をより効率的に利用できる分散型電源やその system づくりも重要である。膨大な peak 時の電力需要に安定供給するこれまでの大規模集中型発電 system だけに頼るのではなく、地域性や電力貯蔵の難点を補う多角的な energy 供給 system の構築が必要となる。そこで、ますます重要視されてきているのが水素を 2 次 energy 媒体とした水素社会の実現である⁴⁾。燃料電池をはじめ水素を利用する energy system は、数年前には疑問視されていた技術も着実に実用化されている。こうした中、水素 energy は環境対策としてだけでなく、分散型電源、非常時対応電源としての観点からも注目されている。

本論文では水素 energy とその普及動向について燃料電池を中心に概観し、水素 system に共通の課題となっている水素 energy 貯蔵技術について開発した Ti-Fe 水素吸蔵合金も併せて解説する。

2 水素 energy 社会とその利点

水素は化石燃料や風力のように energy を生み出す資源ではないが、それらを効率的に利用する媒体となることができる。図 1（a）に水素 energy system の模式図を示す。水素の製造、貯蔵、利用という大きく 3 つの要素技術からなり、現在の電力を 2 次 energy 媒体とした system と比較して次のような利点がある。

- （1）水素は物質であるため、電力の難点であった貯蔵・輸送が可能であり、必要な時に必要な消費地で使用することで省 energy ができる。（省 energy 効果）
- （2）水素は燃料電池発電（電気）の他、燃焼させて熱 energy に、内燃機関を用いて機械 energy にと、様々な用途に利用可能である。定置用燃料電池では排熱利用

を含むenergy効率は80%以上もある。(energy利用の多様化、高効率化)

(3) 水素の利用後は水に戻るだけで、その過程は早く、自然循環を乱したり環境を汚染したりする心配がない。(環境負荷(CO₂排出など)の低減)

(4) 水素はあらゆる化石資源やbiomass、さらに再生可能energyで水を電解しても得ることもでき、さまざまな原料から製造できる。(代替energyの多様化)

また、水素は電力と相互に変換(燃料電池)できるため、現在の電力systemでも余剰電力で水素を製造・貯蔵しておけば省力化できるし、都市gasや副生水素など水素がある限りon siteで燃料電池発電できるという分散型電源としての利点もある。そうすれば、不安定と言われる自然エネルギーも各地域の特長を生かした導入促進効果も期待され、既存のenergy供給systemと補完的な役割を持った普及の仕方も十分に考えられる。最終的には、図1(b)に示すように、地域分散型でさまざまな自然energyから水電解によって水素を製造して、あらゆるsystemを運転させるのが水素社会の究極の将来像である。

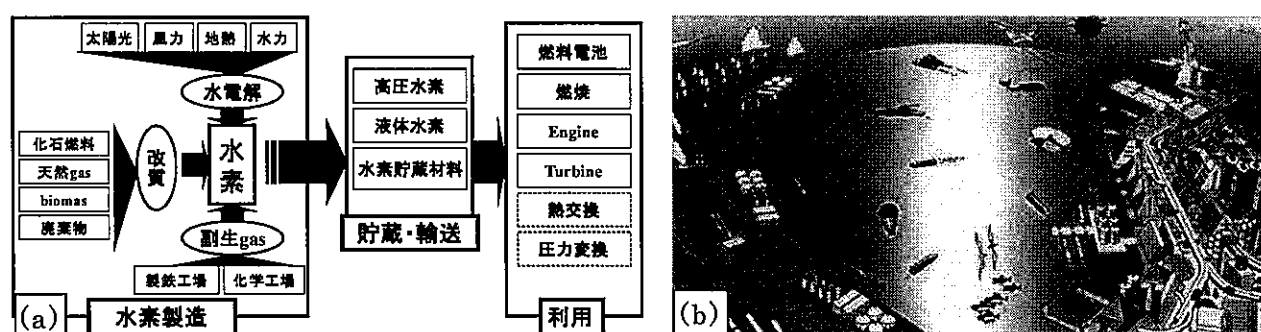


図1 水素 energy system の模式図(a)と将来像(b)⁵⁾

3 水素利用技術の普及状況

水素の利用技術としては、燃料電池による用途が最も身近に普及している。以下に家庭用燃料電池 system と燃料電池車についてその動向を示す。

3.1 家庭用燃料電池 system

日本では国の定置用燃料電池大規模実証研究事業を経て、2009年から1kW級の家庭用燃料電池 system が世界で初めて一般販売された。その後、図2⁶⁾に示すように販売台数は順調に伸びており、本年には累計4万台に達しているの見込まれている。当初、家庭用燃料電池は、固体高分子形(PEFC)のみが用いられていたが、現在では固体酸化物形(SOFC)も販売されている。どちらも発電と排熱の総合energy効率は80%以上であるが、前者は排熱回収効率が高く約50%、後者は発電効率が高く約45%と内訳が異なる。どちらが優れているかというよりは、必要とするenergyが電気かお湯(床暖房含む)か、どちらが多いかでuserが選定する。一般家庭では本system1台で約6割の電気を賄い、CO₂削減量は1.5t/年にもなる

表1 家庭用燃料電池の普及台数⁶⁾

年度	PEFC	SOFC
2009	5,000	—
2010	7,100	—
2011	13,400	販売開始
2012	19,400	?
累計	44,900	—

ことが実証されている⁷⁾。本体価格は約 270 万円であるが、導入時は国からの補助 105 万円(2011 年時)が得られる。

図 2⁸⁾は、大規模発電所から送電網を通じた電力を利用した場合の従来の energy 効率と、都市 gas をその場で改質して電気と熱を得る家庭用燃料電池 system との総合 energy 効率の比較である。従来の大規模発電所からの電力は送電 loss もあって約 35～40% の高率であったのに対し、家庭用燃料電池 system では 80% 以上の効率が期待できる。また、家庭用に限らず燃料電池は図 3⁹⁾に示すように出力によってさまざまな種類があって使い分けることができる。こうした分散型 cogeneration system の代表でもある燃料電池は今後、益々普及するだろう。

3.2 燃料電池車（水素供給 station）

燃料電池車は純水素を充填して、固体高分子形燃料電池によって発電して走行する。2 次 battery として Ni 水素電池や Li ion 電池搭載しており、減速時の motor によって回収された energy を貯蔵して高効率化を図っている。現在の水素貯蔵方式は高圧水素 tank (tank 圧力 35～70MPa) が主流となっており、1 回の充填時間は 3～5 分程度、その航続距離は 620～830km にも達している。

日本では 2015 年から燃料電池車の一般 user に普及開始する road map が各自動車会社から示されており、2020 年頃の量産体制開始時期には約 5 万台の普及を目指している。価格は現在、1000 万円を切る目途がついており、十年前に 1 億円であったことを考えれば、飛躍的な進歩である。2015 年の普及開始に向けて、さらなる cost 削減、FC stack 耐久性の向上などが課題である。

燃料電池車の普及に向けて車の性能 up とともに重要な課題が水素供給 station 等の infrastructure 整備である。2011 年 1 月の時点で、世界の水素供給 station 数は約 670 台（うち日本 55 台）、水素 station 数は約 190 カ所（うち日本 14 カ所）が実証段階で運営されている⁹⁾。図 4 に示すとおり、首都圏を中心にさまざまな水素製造方

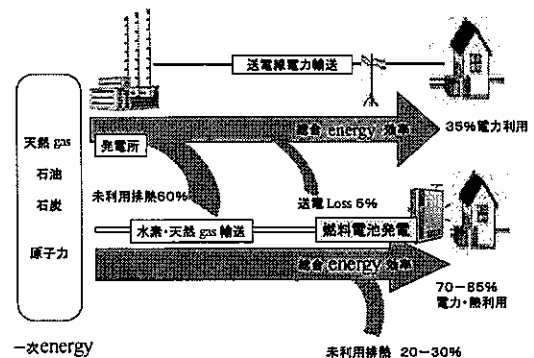


図 2 Energy 効率の比較

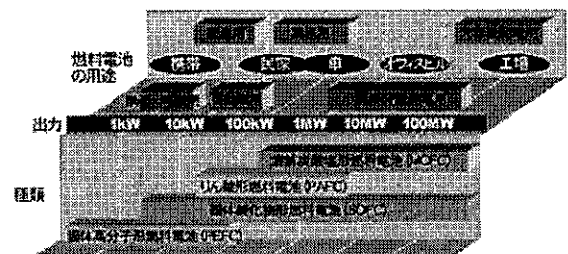


図 3 各種燃料電池の適用範囲



図 4 各種水素 station の運用状況（2009 年）

法による運用を重ね、実使用に近い条件で実証を継続している。現在では、北九州にも水素 station（水電解型と副生水素型の2か所）を設けて検証中であり、2015年までには東京、中京、大阪、福岡の都市圏とこれをつなぐ高速道路網の100か所に先行配備する計画である¹⁰⁾。

本実証 project では、燃料電池乗用車は延べ135台、busは延べ13台が参加し、それぞれ走行距離は107万km（水素充填量2万kg）、32万km（2.9万kg）の実績を重ねている¹¹⁾。今後の infrastructure 整備に向けての課題は、現在は6億円にもなっている station 建設 cost を2億円以下にすること、高圧 gas 保安法に定める圧力容器の設計基準や使用可能鋼材の制約などの規制緩和などがある。

4 国内における水素供給能力の現状と今後

水素社会が普及するための課題としてよく指摘されるのが、水素製造の経済性である。水素は電力と同じ2次energyであり、どのように得るかが問題である。環境・energy問題から最も理想的な水素の製造方法は、製造時にCO₂を排出せず、無尽蔵の水から製造できる再生可能energyによる水電解水素ということになる。現在、海水から触媒を用いた水素製造、熱化学法などは実用化の段階にあり、製造効率も40～50%の性能を持つ。しかし、2011年の電源別発電電力量の再生可能energyの割合はわずか2%程度であり、水素社会ありきで新たに再生可能energyを普及させるには経済性から当面は難しいと言わざるを得ない。水素stationのように、さまざまな水素製造法が導入され、分散型電源として普及が進む中で経済的に成立し易い地域から再生可能energyの電解水素も普及していくであろう。

今後は家庭用燃料電池のように、都市gasが整備された天然gas由来の改質水素が水素需要の多くを賄うと考えられるが、現時点でも当面の燃料電池車普及台数を満たすだけの副生水素が日本にはあるという試算がある。表2に日本の分野別水素製造量と消費量を示す。製造から消費を差し引いた供給可能水素量は、石油精製が最も多く47億Nm³/年にも及んでいる。この水素量は燃料電池車650万台が1年間に消費する燃料分に相当する。2020年の燃料電池車普及目標の500万台（水素供給station3,500か所）分はすでに十分自給できているというわけで、重要なことはいかにこの賦存量を有効に利用するかにある。

表2 日本の水素供給能力(単位:億 Nm³/年)¹²⁾

分野	製造	消費	供給可能量
石油精製	189	142	47
鉄鋼	86	74	12(40※)
石油化学	31	21	12
soda	12	6	6
ammonia	42	36	6
合計	360	279	81(109※)

※新規な製鉄 process の HOT-COG 法が採用された場合に予想される数値

余剰電力、副生水素、分散型電源としての省力化、さらにclean energyの導入が進み、水素の需要が少しずつ増加すれば、あとはどうやって貯蔵して、消費地で使用するかが課題である。円滑な水素energy networkを構築するには、体積energy密度の小さい水素をいかにcompactに貯蔵、輸送できるかという水素貯蔵技術があらゆるsystemに共通の重要な課題になっている。

5 水素貯蔵技術の現状

5.1 各種水素貯蔵技術の比較

表 3 に各種水素貯蔵法の特徴を示す。現在、燃料電池車の積載水素 tank には高圧水素、海上輸送には液化水素 tanker など用途によって最適な貯蔵法が選定されているが、その特徴は一長一短で、更なる compact 化、低 cost 化が求められている。この中で水素吸蔵合金は常温、常圧付近で液体水素を凌ぐ体積貯蔵密度を誇り、化学反応により水素吸蔵量の増加がまだ期待できることから研究が盛んであり、質量貯蔵密度が

表 3 各種水素貯蔵技術の比較 13)

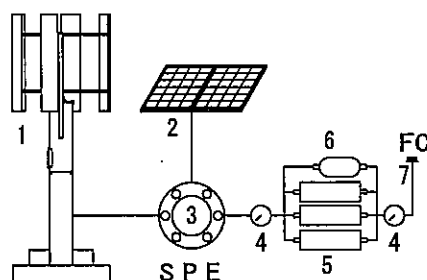
貯蔵法	圧縮水素	液体水素	水素吸蔵合金
長所	普及技術 低 energy	高重量密度 体積密度大	安全 体積密度大
短所	高圧 低充填密度	液化 cost Boil off	高価, 重い 初期活性化
5 kg 水素の貯蔵性比較※	2 1 6 L	7 1 L	6 6 L
	1 1 8 kg	2 5 kg	4 1 0 kg
	高圧 tank 35MPa	液化水素 - 253℃	水素吸蔵量 1.4 重量%

※燃料電池車の走行距離 500km に相当する水素 5 kg を貯蔵する場合の試算値。体積値(L)は水素燃料のみの値で、重量値(kg)は燃料と収納容器を含んだ重量

さほど問題とならない定置用水素貯蔵 system においてはすでに実用化されている。

5.2 安価な Ti-Fe 水素吸蔵合金による水電解水素の貯蔵 system

実用化されている水素吸蔵合金は、主として希土類系と Ti 系合金とに大別される。これまで筆者らは、高価な希土類系元素を含まない Ti-Fe 水素吸蔵合金に着目し、その難点である反応性を ball-milling 製法によって改良し、実用化している¹⁴⁾。その Ti-Fe 水素吸蔵合金を用いて、風力・太陽光発電により製造した電解水素を貯蔵している system を図 5 に示す。system は風力・太陽光発電装置(各 1kW)、水電解



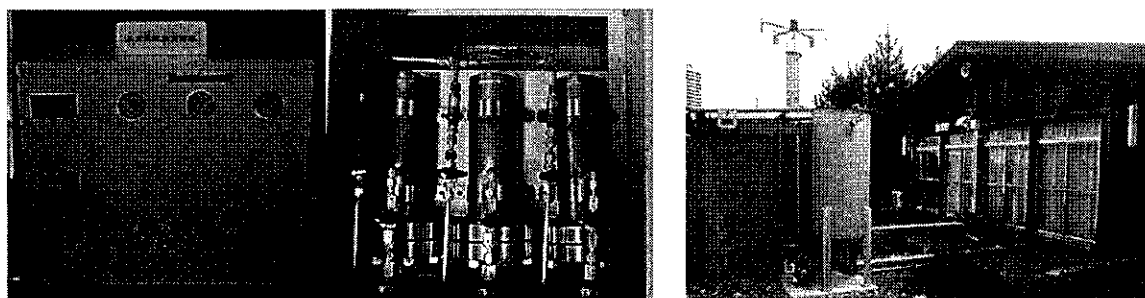
1. A Windmill (1kW)
2. Solar cells (1kW)
3. S.P.E (2.2kW)
4. pressure gauge
5. Nano-Ti-Fe tank (1kg×3)
6. reservoir
7. Fuel cells (850W)

図 5 風力・太陽光発電による水素貯蔵 system (那須電機鉄工(株)敷地内)

水素製造装置、Ti-Fe 水素吸蔵合金 tank、燃料電池発電装置 (LED 照明利用) の各装置から構成される。風力と太陽光発電で得た電力で水電解水素発生装置により、水 (蒸留水) を電気分解して水素 gas を製造する。ここで発生した水素は多量の水分を含むため、合金 tank に貯蔵または燃料電池に供給するためには除湿する必要がある。そこで、molecular Sieve による除湿を行い、純度 99.99% 以上、露点 -40℃ 以下の水素 gas に精製する。日中、水素 gas は合金 tank に貯蔵され、日の入り後燃料電池発電からの電気で照明として利用している。1 年を通じた合金 tank の耐久性試験も実施したが、劣化の傾向は全くなく運用できている。

また、水電解装置から製造される水素 gas の圧力は約 0.5MPa であるが、これをそのまま合金 tank に供給する場合、室内に設置した tank でも何ら問題ない (図 6-(a))。しかし、急速水素充填などの目的から 1MPa 以上の水素 gas を供給するときは、貯蔵設備は高圧 gas 保安法の規制対象となる (図 6-(b))。この場合、水素昇

圧部からの system は室外に設置して、建屋からは 8 m 以上間隔をとって鉄筋 concrete 等で覆い、消火設備を隣接し、保安責任者が日常点検するというようなさまざまな対策が必要となる。わずかな水素供給圧の違いで cost は 2 ～ 3 倍にもなり、規制緩和が要求される理由となっている。開発した Ti-Fe 合金は ball-milling 条件を変えることで、水素吸蔵圧を 1MPa 前後に制御することができる。Ti-Fe tank (合金 1kg) の水素貯蔵量は、水素供給圧 1MPa の条件下においては約 120L であり、常温で液体水素と同等の体積貯蔵密度で貯蔵できる¹⁵⁾。特に熱交換器などを設置することなく、十分に水素貯蔵と放出ができており、今後、都市部など人口密集部での大量水素貯蔵が必要な場所に貢献できるものと考えている。



(a) 低圧用設備(室内 1MPa 以下)

(b) 高圧用設備(屋外 1MPa 以上)

図 6 水素貯蔵設備の比較

6 まとめ

水素社会は古くから提唱されていたものの、energy・社会情勢から何度となく浮沈を繰り返してきた。しかし、持続可能な energy 社会の実現は喫緊の課題となった現在、各要素技術開発と普及施策を推進して着実な水素社会への移行に期待したい。

引用文献

- [1]energy 基本計画, energy 政策基本法に基づき政府が策定, 2010 年 6 月
- [2]革新的 energy・環境戦略, energy・環境会議, 2012 年 9 月 14 日
- [3]energy 白書 2011, 資源 energy 庁
- [4]energy・環境に関する選択肢[概要], 国家戦略室, 2012 年 7
- [5]World Energy Network project, <http://www.enea.or.jp/WE-NET/index.html>
- [6]日本経済新聞, 2012 年 4 月 16 日
- [7]東京 gas, http://home.tokyo-gas.co.jp/enefarm_special/index.html
- [8]市川勝, 北大地球環境科学研究所講義資料, 2008
- [9]水素・燃料電池 project (JHFC), <http://www.jari.or.jp>
- [10]資源 energy 庁, news release「燃料電池車の市場導入に関する共同声明」, 2011
- [11](社)日本 gas 協会ほか, 燃料電池 system 等実証研究(第 2 期 JHFC)報告書, 2011
- [12]高野, 水素 energy system, vol.35, No.3, pp29(2010)
- [13]栗山信宏, 水素貯蔵技術の動向, energy・資源, Vol.24 No.6, pp23(2003)
- [14]M. Abe, T. Kuji, J. Alloys Comp., 446-447(2007), 200-203.
- [15]H.Uchida, Plenary Talk IHEC2005 ISTANBUL, Turkey, 15th July 2005

人工透析の現状と課題

江口 正臣（化学部門）

Abstract

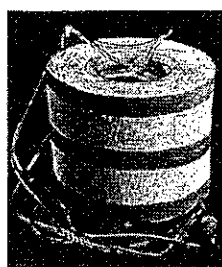
Patients in chronic renal failure are increasing in number every year. In Japan, at the end of 2011, about 300,000 patients are treated with artificial dialysis therapy. The whole medical bill by estimate is 37.8 trillion yen, and the medical bill for blood purification accounts for nearly 1.5 trillion yen (4%). Because of the improvement of quality of life (QOL) for patients, the progress in quality and safety, and the control of medical bill are urgent issues. This paper describes the presents and issues concerning design of dialyzer and manufacturing process so far developed for artificial dialysis.

1 はじめに

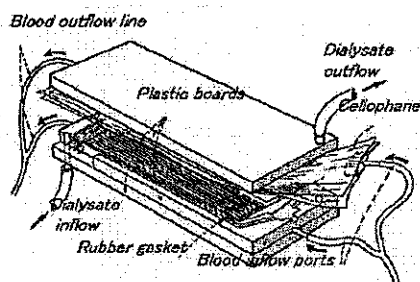
韓国、中国、日本等において、少子高齢化が急速に進行している。日本では、毎年透析導入患者が約 8,000 人増加しており、しかも透析導入年齢は 67.8 歳と高齢化している。また、1998 年には透析導入の第 1 位の原疾患が慢性糸球体腎炎から糖尿病性腎症に代わり、生活習慣病対策の重要性が指摘されている[1]。これらの背景から、患者の生命予後の延長および生活の質的向上 quality of life (以下 QOL) に対する医療の処方面と血液透析器（人工腎臓）の生体適合性および性能のさらなる向上が緊急の課題となっている。

2 血液透析器の開発の歴史

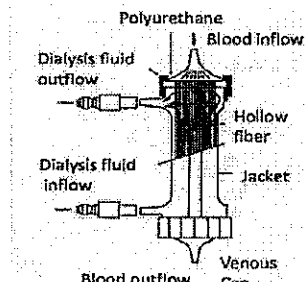
1912 年に米国の Abel により、初めて rabbit を用いて nitrocellulose (collodion) tube 製の人工透析器で透析が行われた。その後、Holland の Kolff により cellophane tube 製の coil 型人工腎臓が 1945 年に発明された。1960 年には Norway の Kill により cuprophane の平膜を sandwich にした Kill 型透析器が開発された。1964 年に米国の Stewart が現在の中空糸型人工腎臓の原型である透析器を発明した。主な人工腎臓を Fig.1 に示した[2]。これらの技術開発は、生体適合性、透析性能、膜が損傷した時の安全性の向上や小型化等の実用化への挑戦であった。また実用化のために、透析液供給装置、監視装置および血液回路と血管を連結する血液の出入口（blood access）である shunt が開発された。これらの技術が医工連携により開発され、現在の長期透析が可能になった。



Kolff twin coil dialyzer



Standard Kill dialyzer



Follow fiber dialyzer

Fig.1 Main various dialyzers (artificial kidneys).

3 血液透析(hemodialysis)とは

3. 1 腎不全(renal failure)と血液透析

健康人は腎臓(kidney)が老廃物を排除してくれていることを当たり前に思っている。しかし、この腎臓の働きが低下すると、血中の老廃物である尿素窒素(BUN: blood urea nitrogen)、creatinine 等が体内に蓄積し、敗血症になり死に至る。この腎臓の働きを代替するのが人工腎臓を使った血液浄化(blood purification)である。

血液浄化には、人工腎臓を用いた血液透析と患者自身の腹膜(peritoneal)を用いた腹膜透析(peritoneal dialysis)があるが、本報告では血液透析について紹介する。

3. 2 透析治療 system

透析治療 system は主に透析器(dialyzer)、透析液供給装置(dialysate delivery system)、監視装置(monitor)の3つから構成されている[3]。本日は透析器についての紹介であるが、透析液供給装置、監視装置については安全対策としての自動化が進められてきた。

動脈(artery)から血液を取り出し、血液 pump により透析器に導き、中空糸(follow fiber)の内側を通過する間に、老廃物を中空糸膜の外側に拡散排除する。中空糸の外側には透析液が向流で流され、透析液側を陰圧にして限外濾過(ultrafiltration)により血漿(plasma)の浄化を促進する。浄化された血液は静脈(vein)に戻される。一般的な治療では、透析時間は約4時間で週3回の透析を行う。1回の除水量は約2Lである。

4 血液透析患者の現況

世界の血液透析患者は210万人、米国54万人、日本30万人である。日本では、透析導入患者が毎年約8,000万人増加している(新規導入患者38,893人、死亡者30,831名)[1]。韓国では慢性腎不全患者は約5万人で、年率約8%増加している[5]。中国には透析療法を必要とする末期腎不全患者が150万人いると言われており、10年以内には約300万人にまで拡大すると予測されている[6]。臓器移植件数(2008年)は、日本1,201件、米国16,519件、韓国754件(2005年)、中国は5,561件(2001年)である[7]。日本は人口当たりの臓器移植件数が少ないため、人口当たりの血液透析患者数が世界で最も多く(400人に1人)、国民医療費約37.8兆円[8]のうち透析費用が約1.5兆円を占め、毎年約500億円増加しており、問題になっている。

5 血液透析の原理

血液浄化の原理は、拡散、限外濾過、吸着の3つの原理により行われている。

5. 1 拡散(diffusion)

血液と透析液を膜を介して間接的に接触させると、膜にあいている分子 level での小さな孔から血液中の老廃物や不要成分が透析中に拡散し、除去される現象である。血液透析の低分子量の尿素窒素、creatinine は、主として拡散により除去される。

5. 2 限外濾過(ultrafiltration)

血液中の老廃物の中で、分子量の大きな老廃物は拡散が困難なため、一般的には浸透圧に逆らって透析液側を陰圧にすることで濾過して除去する。これを限外濾過という。

5. 3 吸着(adsorption)

血液浄化は、主には拡散と限外濾過で行われるが、限外濾過では除去し難い分子量の大き

な老廃物を吸着除去する機能を有する透析器がある。Toray が 1979 年に量産化した合成高分子 polymethylmethacrylate (以下 PMMA) 膜は、吸着特性のある透析膜として、世界的に長期に亘って使用されている。救急治療(emergency treatment)では、血液中の白血球(leukocyte)を選択的に除去する leukocyte removal filter や endotoxin removal filter も市販されている。

6. 血液透析器の設計

6. 1 二重境膜説 model

血液側の老廃物は膜を通して透析側に拡散する。この拡散経路には、膜の両側に接触した二重境膜があると仮定して、血液側物質移動抵抗 R_B 、膜内容質移動抵抗 R_M 、透析液側物質移動抵抗 R_D の直列合成抵抗として総括物質移動抵抗 R_L を定義している。この 3 つの抵抗を下げた透析性能を向上するために、透析器の設計と透析条件が工夫されてきた。

$$R_L = R_B + R_M + R_D$$

(1) 膜内容質透過抵抗 R_M

膜の厚さを薄くすれば、膜抵抗は下げられるが、損傷する危険性がある。現在、最も多く使われている 1982 年に Germany の Fresenius Medical Care 社が開発した polysulfone (以下 PS) 膜では、内径 $200\mu\text{m}$ 、外径 $280\mu\text{m}$ 、膜厚 $40\mu\text{m}$ 近辺が一般的である。regenerated cellulose membrane と cellulose acetate membrane や合成高分子の PMMA 膜は均質膜であるが、PS 膜は非対称膜であり、内表面の緻密層(約 10nm)と孔径の粗い支持層から構成されている。緻密層の厚さは $2\sim 3\mu\text{m}$ と薄く、膜抵抗が小さく、透析性能が大幅に向上した[9]。

(2) 血液側物質移動抵抗 R_B

血液側物質移動抵抗を小さくするには、血液流量を速くするか、中空糸の内径を細くすることが考えられる。いずれの場合も圧力損失が増加し、溶血や血液凝固が発生し易くなり、現在では血液流量は約 200ml/min 、中空糸内径は約 $200\mu\text{m}$ が標準になっている。

(3) 透析液側物質移動抵抗 R_D

透析液側物質移動抵抗を小さくするには、透析液の偏流を防止し、均一な流れにすることが必要である。そのために、熱交換器の邪魔板に相当するものとして、中空糸の異形断面化、中空糸の外径への spacer 巻きつけ、中空糸への ripple 付与等が講じられている。また、透析液の出入口に透析液の半径方向へ流れを均一化するために分配する邪魔板の形状が工夫されている。透析液流量を速くすると透析液側物質移動抵抗は小さくなるが、 500ml/min が標準になっている。

6. 2 生体適合性

透析膜の生体適合性は、長期に使用し続ける透析患者にとって、最も重要な課題である。PS 膜は疎水性であるため、血小板が膜に付着して血液凝固し、残血を誘発する。残血を抑制するために、親水化剤として polyvinylpyrrolidone (以下 PVP) が配合されている。長期使用によって溶出する PVP の影響が注視されている。新たに Toray では PVP に比較して、血小板付着を $1/100$ に抑制する NV 透析膜を開発し(Fig.2)、量産を開始した。また、栄養分である albumin の漏洩も抑制された(Fig.3)[10]。

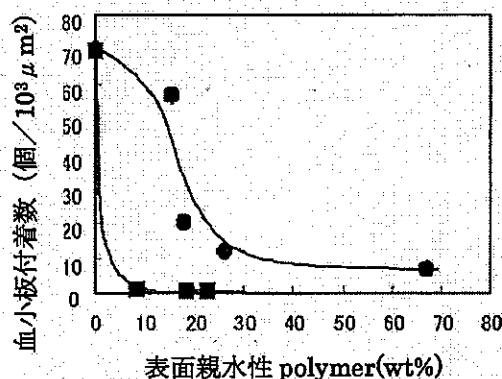


Fig2. Relationship between the number of platelet adhesion and amount of hydrophilic polymer present on film surface.
●: PVP, ■: NV polymer

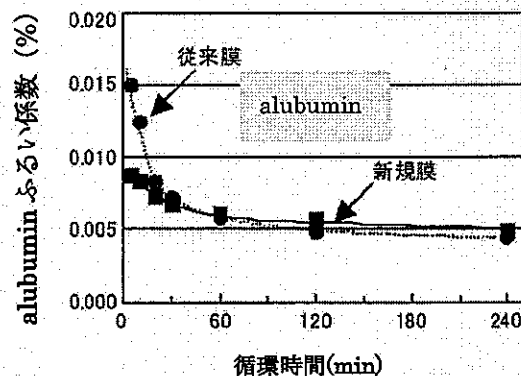


Fig3. The time variation of sieving coefficient with bovine serum albumin.
●: a conventional membrane, ■: a new membrane ("Toraylight" NV)

6. 3 至適透析条件

透析効率を向上するには、透過性（以下 clearance）、膜面積、血液流量、透析液流量、透析時間を最適化することが必要である。

(1) clearance

一定条件として、37℃、規準液流量（血液側）200ml/min、透析液流量 500ml/min、限外ろ過圧は内部抵抗のみとして測定する。例えば、尿素の規準液中の流入側濃度と流出側に出た規準液の濃度を測定し、次の式から 1 分間に透析器によって除去された尿素的量がわかる。これを流入側の濃度で割れば、1 分間で規準液の何 ml の尿素が除去されるかがわかる[11]。

$$\text{clearance} = (\text{流入側濃度} - \text{流出側濃度}) \times (\text{規準液流量}) / (\text{流入側濃度}) \quad [\text{ml/min}]$$

(2) 透析膜面積

膜面積を増加させても、中分子量物質の clearance は増加するが、小分子量の物質の clearance は増加しない。患者の体の大きさ、容態により適正な膜面積を選択する。

(3) 血液流量

血液流量を速くすると、血液側物質移動抵抗は低下するが、余り速くすると溶血が起こり易くなるなどから、血液流量は約 200ml/min が標準になっている。

(4) 透析液流量

透析液流量を速くすると透析液側物質移動抵抗は小さくなるが、高くしても透析効率が頭打ちとなるため、総合的な観点から 500ml/min が標準になっている。

(5) 透析時間

一時期、患者の QOL 向上と病院の bed の回転率向上から、短時間透析が検討された。しかし、長期の患者の生命予後の透析結果から、現在の 4 時間より短時間では短命になり、長時間では延命されることが分かった。現在では 4～5 時間透析が標準になっている。

7 血液浄化の各種方法

7. 1 血液透析(HD:hemodialysis)

血液を体外に取り出して透析器 (dialyzer) に導き、透析液で浄化し、再び体内に戻す。一般的に透析と言われる療法である。低分子量の老廃物除去に適している。

7. 2 血液濾過(HF:hemofiltration)

大量の限外濾過を行いつつ、血液回路に補充液を注入する。補充液を注入するのに、限外濾過前の前希釈法と後希釈する後希釈法がある。その後再び体内に戻す。中分子量の老廃物の除去に適している。HF、7.3 項の HDF においては、血管中に細菌や endotoxin が侵入するのを防止するために、清浄化された透析液の使用が不可欠である。前希釈法は低分子量物質の除去に適し、後希釈法は中分子量物質の除去に適している。

7. 3 血液透析濾過(HDF:hemodiafiltration)

透析液を大量に流した状態で大量の限外濾過を行い、同時に血液回路に補充液を注入するのが HDF である。そして補充液に透析液を利用するのが on-line HDF である。この透析液の清浄化費用を含め、2010 年に on-lineHDF の保険収載が認可された。この療法も前希釈法と後希釈法がある。低分子量、中分子量の除去が可能である。

7. 4 血漿吸着療法(PA:plasma adsorption)

血液を体外に取り出して血漿分離器に導き、分離した血漿を吸着 column に通して尿毒素等老廃物を吸着除去し、再度分離した後の濃縮血液に合流し、体内に戻す。血漿吸着療法は血漿交換療法(plasma exchange)の一形態である。

8 血液透析器の製造 process

以下に、現在世界で最も多く使われている、PS 膜の透析器の製造 process を紹介する。

8. 1 原料 polymer

PS 膜は、市販されている PS 樹脂と PVP を所定の組成に混合して、溶媒 DMAc (N,N-dimethylacetamide)に溶解して紡糸原液を調整する。PVP の分子量および組成は、透析膜の孔径の設計により決められる。

8. 2 紡糸・組み立て工程

紡糸原液を二重管 nozzle から空気中に押出し、凝固浴に浸漬して凝固させ、溶媒を除去・洗浄し、乾燥した後、糸を集束し、所定長さに切断する。集束した約 10,000 本の中空糸束を plastic case に組み込み、糸束端部と case を polyurethane 樹脂で封止し、硬化後糸束端部を切断し開孔する。その後、cap(header)を超音波等で接合し、leak test、外観検査、包装、梱包する。滅菌は、梱包状態のままで、γ線滅菌する。

8. 3 滅菌

滅菌法には、ethylene oxide gas (以下 EOG) 滅菌、γ線滅菌、高圧蒸気滅菌、高周波滅菌 (電子線滅菌) がある。当初は formalin が使用されたが、血管痛や allergy のほか、発癌作用も疑われたことから、EOG 滅菌にとって代わられた。しかし、EOG も長期間の反復使用に伴い、封止材である polyurethane 樹脂に残留した EOG が抗原となって、透析開始直後に血圧低下や喘息発作が発生し、透析患者の QOL を妨げていた。この対策として、高圧蒸気滅菌やγ線滅菌が普及してきた[12]。Toray では、1979 年の PMMA 膜による透析器の量産開始から、世界に先駆けγ線滅菌を採用し、快適透析を実現した。

9 課題と今後の方向

9. 1 医療費の抑制

前述したように、日本では腎移植件数が少なく、血液透析治療に依存しており、透析患者

は毎年約1万人増加している。1人が1年に必要な透析費用は、約500万円であり、年間1.5兆円が健康保険から支払われる。また、企業努力により透析器に対する保険の償還価格は、この40年間で約1/5に低下しているが、透析費用は毎年500億円増加している。

2010年に診療報酬改定に伴い、医療経済上の裏付けをもった改革があり、透析液供給置加算に合わせ、在宅血液透析指導管理料が大幅に加算され、施設血液透析から在宅血液透析への転換が後押しされた。在宅血液透析導入には、安全上、規制上の課題や自己負担の増加等の課題があるが、患者のQOL向上が期待できる[14]。2011年末の調査では、透析患者30万人のうち、在宅血液透析者は327人(0.1%)、腹膜透析者は9,626人(3.2%)に過ぎない[1]。今後の受け入れ治療体制の整備が望まれる。

9. 2 QOLの向上

上記の血液透析療法による患者のQOL向上に伴って、透析器および周辺systemの技術的な課題が発生しており、今後の方向として推進されている。

- (1) β 2-MG (microglobuline) (分子量11,800)の除去、albumin(分子量66,000)漏洩を抑制した高精度分子量分画V型 dialyzer(β 2-MG $>$ 70ml/min)の開発。
- (2) HDF (hemodiafiltration)治療による中分子量老廃物の除去。
2010年に保険適用が認可。透析液の細菌・endotoxin 水質管理が重要。endotoxin removal filterの充実。
- (3) 在宅血液透析および腹膜透析の促進。
- (4) 携帯型人工腎臓、小型透析器の開発によるQOL向上と省資源化。
- (5) 埋め込み型人工腎臓、bio人工腎臓の開発によるQOL向上と省資源化。

〈引用文献〉

- [1] 日本透析医学会：我が国の慢性透析療法の現況 (2011.12.31)
- [2] 酒井清孝：膜， 37(1)， 2-9 (2012)
- [3] 太田和夫：透析療法とその周辺知識， p31 (1979)
- [4] 新里高弘：透析 care， 15(12)， 1208-1216 (2009)
- [5] 旭化成 Kuraray Medical (株) press release (2009.10.28)
- [6] Terumo(株) press release (2012.3.19)
- [7] 臓器移植 119 site：中国移植医療の歩み
- [8] 日経新聞朝刊 (2012.8.25)
- [9] 福井 誠：膜， 37(1)， 10-16 (2012)
- [10] 上野良之， 藤井雅規， 菅谷博之：膜， 37(1)， 17-21 (2011)
- [11] 太田和夫：透析療法とその周辺知識， p44 (1979)
- [12] 阿岸鉄三：実用血液浄化療法. Clinical Engineering 別冊， p35 (1999.7.5)
- [13] 小泉智徳：High Performance Dialyzer 2008， p49-59 (2008)
- [14] 深澤瑞也：人工臓器， 40(3)， 177-180 (2011)

Aircraft Industries in Japan and Korea – Technologies required for growth –

日本と韓国の航空機産業～今後の技術的課題～

Teruhisa Tajima (Aerospace Engineering)

田島 暎久 (航空・宇宙部門)

Abstract

Overviews of aircraft industries in Japan and Korea are shown compared with each other, based on information provided by Korean aircraft companies when I visited them in December, 2010 as a part of studies by Chubu Bureau of Economy, Trade and Industry. Also discussed is what technologies and what capabilities are required for both aircraft industries to grow steadily in the competitive global market.

1 はじめに

筆者は、一昨年の12月、中部経済産業局の委託調査作業の一環として、韓国の航空機産業を視察する機会を得た。Seoulの韓国航空宇宙工業会を訪問して韓国航空宇宙産業全般について聴取した後、南下して航空機産業集積地の慶尚南道において大手企業2社と中小企業6社を視察した。(1)

そこで得られた諸情報に基づいて韓国の航空機産業を紹介するとともに日本の航空機産業と比較する。また、日本と韓国の航空機産業が熾烈な国際競争市場で更に発展するために必要な技術革新や体制など今後の課題について考察する。

1 航空機産業

航空機と宇宙機器に関する産業を総合して航空宇宙産業と称され、その主要事業は、①航空機の開発製造、②engineの開発製造、③rocketや人工衛星などの宇宙機器の開発製造、④航空機の整備・修理 service、などで構成される。ここでは航空機の開発製造に係わる航空機産業に焦点を絞って概説する。

1.1 航空機産業の特徴

航空機産業には二つの市場がある。一つは軍用機の市場であり、防衛市場とも呼ばれている。他方は軽飛行機から大型旅客機までを含む民間航空機の市場である。

周知のように航空機の歴史は軍用機が主導してきた、と言っても過言ではない。航空機産業において、防衛市場は技術革新と市場規模の面から重要な役割を担っている。先進各国は自国の安全保障の観点から軍用機の技術的優位性を確保するために絶え間ない研究開発を推し進めている。そこ

で開発された革新技术の多くは民間航空機にも波及している。

民間航空機市場においては、巨大な市場規模を持つ民間旅客機が最も注目される。100 人乗り以上の中・大型旅客機においては、激しい生き残り競争を経て米の Boeing 社と欧州の Airbus 社に統合された。100 乗り以下の小型旅客機では、Brazil の Embraer 社と Canada の Bombardier 社に集約されたが、最近になって中国、Russia、日本が参入した。

民間旅客機の開発、製造は典型的な global 産業である。航空機 maker は世界中の supplier から調達し、世界中に販売する。正に国境のない産業である。図 1 に民間旅客機の産業構造を示す。自動車産業と異なり、航空機 maker と engine maker は完全に分離している。大型旅客機において 1 機当たり 300 万点以上に及ぶ部品のほとんどは、先進国、新興国を問わず世界的に構築された supply chain から供給される。この図において航空機 maker と直接契約する最上位の supplier は、胴体や主翼など大きな component の設計・製造とともに事業 risk も分担することから、「partner」として、通常の supplier と区別されている。「partner」に部品を供給する数多くの部品 maker とその下請け企業が下位の supply chain を構成する。

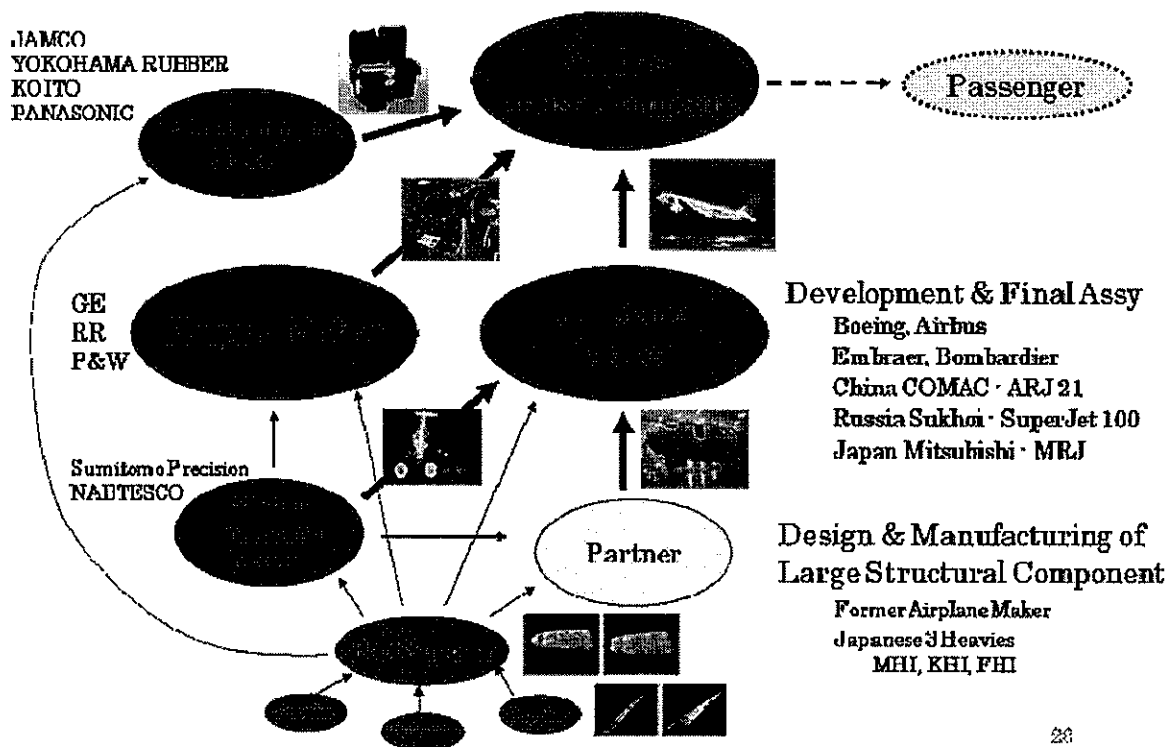


図 1 民間旅客機の産業構造

2 日本の航空機産業

2.1 歴史

日本の航空機産業について戦後の歴史を図 2 に示す。日本の航空機産業は戦後 7 年間の空白期間を経て 1952 年に再開されたが、その間に航空機は、

著しい技術革新によって propeller 機から jet 機へと飛躍的な発展を遂げていた。日本の航空機産業は欧米先進国から大きく出遅れて再出発せざるを得なかった。

復興期 — 航空機産業の再開は米軍機の分解修理から始まった。その後、自衛隊の創設に伴って F-86 戦闘機や T-33 練習機など米国製軍用機の license 生産が事業の中心になった。このような過程を通じて航空機の開発・製造に必要な技術や品質管理などが導入されるとともに独自の know-how が蓄積されていった。

挑戦期 — 復興期に培われた技術と know-how を基に 1950 年代後半から国産機の開発が始まった。自衛隊向け軍用機では、小型 propeller 機の T-1 練習機から始まって 1960 年代から 70 年代にかけて PS-1 飛行艇、C-1 中型 jet 輸送機、T-2 超音速練習機などが次々と開発、量産された。ここで蓄積された技術と know-how は更に磨かれて、炭素繊維複合材主翼の F-2 戦闘機、fly-by-wire 操縦の XP-1 対潜哨戒機、XC-2 大型輸送機などの開発に結実した。



図 2. 日本の航空機産業の歴史

民間航空機では YS-11 旅客機、FA200 軽飛行機、MU-2 及び MU-300 business 機などが開発された。YS-11 は国家 project として推進されたが、採算悪化により 182 機で生産が打ち切られて巨額の累積赤字を残した。

国際共同開発 — YS-11 は開発に成功したが事業で失敗した。これを機

に日本の民間旅客機事業は米 Boeing 社との国際共同開発へと舵を切った。1978 年に始まった Boeing 767 大型旅客機の開発製造では胴体を中心に機体構造の 16% を分担した。以後に続く Boeing 777 では 21%、Boeing 787 では 35% と分担比率が飛躍的に増大していった。特に 787 ではこれまでの胴体に加えて、Boeing 社が門外不出にしていた主翼をも分担することになった。また旅客機では初めて炭素繊維複合材が大々的に採用されて、最先端の複合材関連技術が開発、適用された。Boeing との国際共同開発事業では、かつてない規模の量産が続いており、日本の航空機産業の成長に大きく貢献している。

再挑戦 — YS-11 から半世紀を経て、再び新たな挑戦が始まった。70 人～90 人乗り MRJ 小型旅客機の開発である。MRJ は 2013 年第 3 四半期に初飛行、2014 年に納入予定で、既に 170 機の受注を得ている。

2.2 産業規模

日本の航空機産業は、図 3 に示すように 1 兆円規模の生産額である。減少傾向の防衛需要に対して、民間航空機は景気の変動に影響されながらも成長軌道を辿っている。(2)

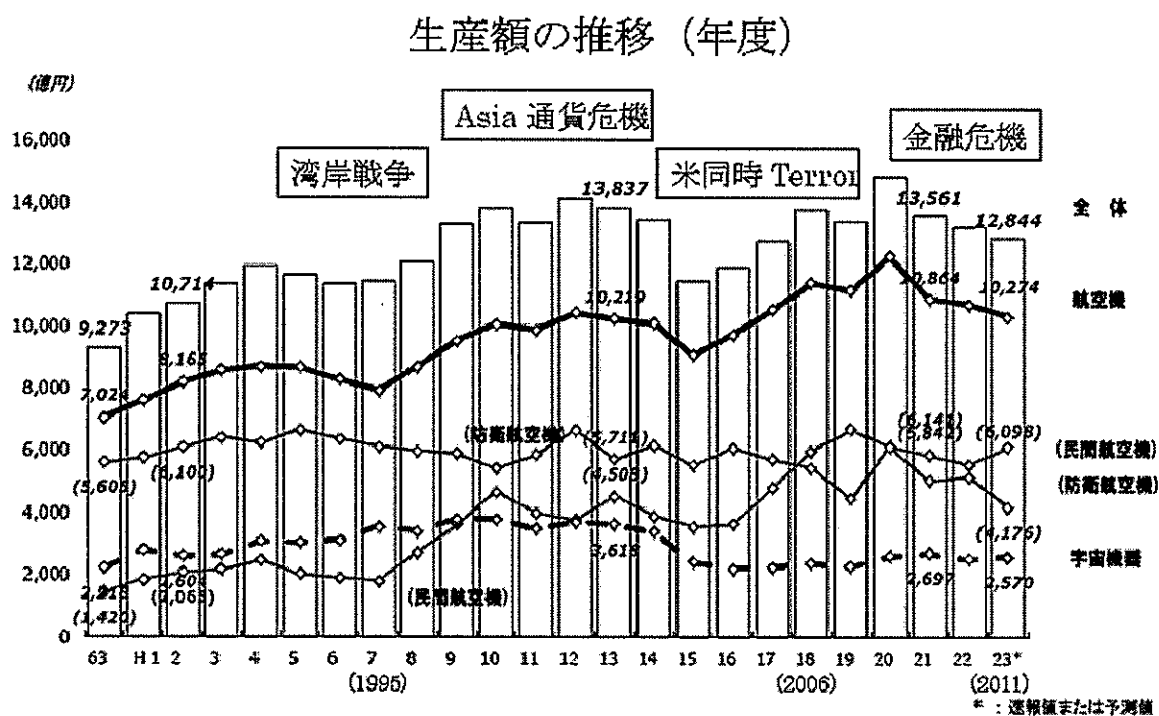


図 3. 日本の航空機産業

特に 1995 年から始まった Boeing 777 の量産によって 2006 年には初めて民間航空機が防衛航空機を上回った。今後も Boeing 787 の増産に伴って民間航空機の比率がますます増加する傾向が続くであろう。

他方、航空機産業が自動車や電気・電子機器などを含む主要機械工業生産額に占める割合は僅か 1.6% 程度、自動車産業の 30 分の 1 であり、

就業者数は宇宙を合わせても約 31000 人の小さな産業である。

世界の主要国と比較した場合、日本の航空機産業は U.S.A.、France、Britain、German、Canada に次いで世界 6 位だが、世界一の U.S.A. の 12 分の 1 である。

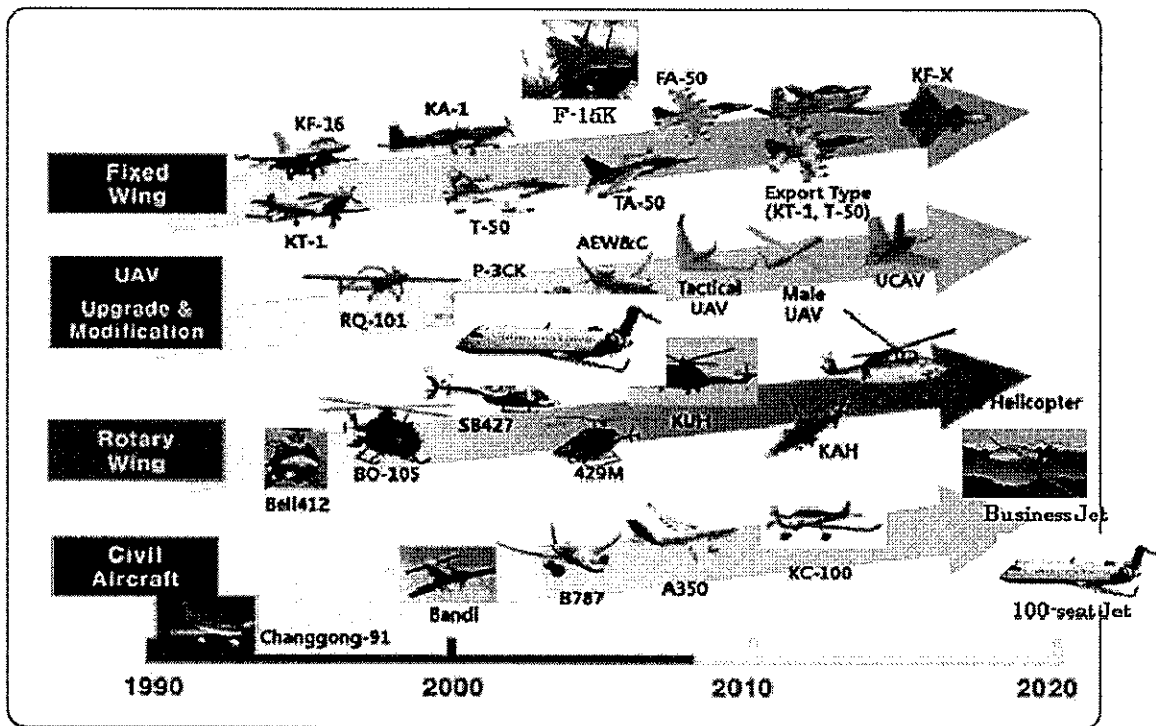
2.3 今後の目標

2020 年までに日本の航空宇宙産業の生産額を 2 兆円に倍増することを目指して、「Asia No.1 航空宇宙産業 cluster 形成特区」の設定、研究開発拠点整備、中小企業販路開拓支援など様々な施策が推進されている。

3 韓国の航空機産業

3.1 歴史

韓国の航空機産業の歴史を図 4 に示す。韓国の航空機産業は、1955 年に始まった L-19 偵察機の整備・修理を起源にする。(7)



出典：韓国航空宇宙工業会・Korea Aerospace Industry 2011

図 4. 韓国の航空機産業の歴史

その後、韓国軍向けに導入した米国製航空機の license 生産が始まった。1970 年代に小型 helicopter、1980 年代に韓国軍向け F-5 戦闘機、1990 年代に入ると韓国軍向け UH-60P helicopter、KF-16 戦闘機、など license 生産が次々と続いて、航空機の開発・製造に関する技術と know-how が蓄積されていった。

1990 年代からは軍用機の開発が始まった。韓国空軍に納入された KT-1 練習機は Indonesia 空軍と Turkey 空軍でも採用された。同様に、米 Lockheed 社の支援下で開発された T-50 超音速高等練習機も韓国空軍のみ

でなく Indonesia 空軍でも採用され、更に U A E、Israel、Greece、Iraqi など各国への売り込みが図られた。このように自国軍向けに開発された軍用機の輸出が積極的に推進されている。今年の Farnborough Air Show では、T-50 の展示飛行が軍事関係者の注目を集めた。

民間航空機分野では、Changgong-91、Firefly などの軽飛行機が 1990 年代に開発された後、4 人乗りの KC-100 軽飛行機が現在、開発の最終段階にある。この技術と know-how を基に business jet の開発計画が検討されており、更に将来は 100 人乗り旅客機の開発へ発展する可能性を秘めている。

Boeing と Airbus の部品生産が 1980 年代半ばから始まった。現在、Boeing 737・747・777 および Airbus A330・A380 などの部品や構造 component が量産されている。更に炭素繊維複合材の最新技術が要求される 787 や A350 においては、構造 component の設計から製造まで一括して受注することに成功した。Boeing 787 では、日本の分担部位の一部が韓国で設計・製造されている。

3.2 産業規模と特徴

宇宙も含めた 2010 年の統計予測によれば、生産額は 22 億 1800 万ドルで日本の約 7 分の 1、就業者数は 10,018 人で日本の約 3 分の 1 であるが、防衛需要が 63% と高い比率を占めている。今後数年で防衛需要と民間需要の比率を半々にする方針が打ち出されているが、これは民間需要とともに防衛需要も同時に拡大することを意味している。前述のように国際防衛市場において軍用機の売り込みが積極的に展開されている。

Supply chain を構成する中小企業については、単独企業による単品生産・単一工程の受注から、複数企業が協同する一貫生産を目指して cluster 形成が推進されている。大手企業 3 社の拠点が集まっている韓国南部の慶尚南道では泗川市を中心に航空機産業に特化した工業団地が次々と整備されて中小企業 cluster が形成されている。現在では慶尚南道だけで韓国航空宇宙産業生産額の 86% を占めるほどになっている。このように中小企業 cluster 形成に関しては日本よりも先行している。

3.3 今後の目標

2010 年 1 月に韓国政府が発表した「航空産業発展基本計画(VISION 2020)」は、韓国の航空機産業が 2020 年までに世界の top 7 ケ国に入ることなどを明記している。そのための重点項目として①民間機及び軍用機の開発、②整備 service (MRO) の産業化、③航空技術研究開発の投資効率性の向上、④先進国 level の infrastructure 構築、が挙げられている。

4 両国の航空機産業における今後の課題

航空機の出現以来、軍用機を中心に「より速く、より高く、より遠く」を目指して技術開発が続けられてきたが、民間旅客機の時代になって「より安全に、より快適に、より大型に」が求められるようになった。更に今後は「より早く、より安く、より優しく」を目指す技術が要求されている。

「より早く」は、価格競争が激化する市場において開発と製造 cycle の短縮化による cost 低減を意味する。「より安く」は機体価格と life cycle cost の低減を意味する。最後に「より優しく」は排気 gas と騒音の低減など環境への優しさを意味する。

巨大な global 市場を有する民間旅客機分野の事業拡大が航空機産業の成長に重要であることに異論の余地はない。民間旅客機を開発するにせよ、その部品や component を受注するにせよ、「より早く、より安く、より優しく」を実現する技術と体制が求められる。例えば、concurrent engineering による総合管理、工期短縮と省力化の革新的生産技術、炭素繊維複合材の軽量化技術などがある。前述の中小企業 cluster による一貫生産体制も「より早く」と「より安く」を目指したものである。航空機産業の拡大成長には、このような技術と know-how 及び産業構造体制が必須である。

参考文献

- (1) 平成 22 年度新興国航空機関連産業動向調査 (社) 中部航空宇宙技術 center
- (2) 航空宇宙産業 data-base 平成 24 年 6 月 (社) 日本航空宇宙工業会
- (3) 岐阜工場 50 年の歩み 川崎重工 昭和 62 年
- (4) YS-11 国産旅客機を作った男たち 前間孝則 講談社 1994 年
- (5) YX/767 開発の歩み 航空宇宙問題調査会 昭和 60 年
- (6) 777 開発の歩み 民間航空機株式会社 2003 年
- (7) Korea Aerospace Industry 2011 Korea Aerospace Industries Association
- (8) Aerospace and Defense Industry, Republic of Korea U.S. Embassy Seoul
Commercial Service
- (9) Korea's Aerospace Industry Invest Korea

**“Given the energy from Party of Young Professional
Engineers of Central Japan (Chubu)”**

Hiroaki Chisaka – Applied Science (apprenticeship)

Abstract

Party of Young Professional Engineers of Central Japan (Chubu), we are composed of members who have direct contact with the manufacturing industry in Central Japan. Through WG (Working Group), in which the activities have been carried out on the theme of energy and resources. In this paper, we introduce the activities of each WG.

1 Central Japan(Chubu) and Nagoya City

Central region, located in the heart of Japan's local division, a variety of manufacturing industries Toyota, NGK, Denso, Brother, Mitsukan, Noritake, etc. is also a thriving region. Industry in Nagoya, Aichi Prefecture, has become a key industry that serves as the central hub of the city in particular.

2 Party of Young Professional Engineers of Central Japan (Chubu)

2.1 Introduction

Party of Young Professional Engineers of Central Japan (Chubu)

Established in 1986. it is a place of study for technicians run by professional engineer, professional engineer apprenticeship young four prefectures of the Central Aichi, Gifu, Shizuoka, Mie. Different industries can interchange those skilled in the art, various departments have gathered. Just so the younger generation can interact without hesitation, it is a meeting that has not experience the fun of everyday at work.

Regular activities

This is the main activity of the Association, which operates the Executive Committee members will share. Technical seminar lecture called members and external lecturer, workshop-style discussion by all participants, and tours are the main contents. Party after tutoring activities, the formation contacts are very excited every time a great place further.

2.2 WG (Working Group)

• What is WG?

In addition to regular activities, in Party of Young Professional Engineers of Central Japan, small group activities are conducted, which are also called WG (Working Group) Activities. In these activities, members are participating in the WG of interest, and study through the activities. There are three sections of WG, which are Manufacturing WG, Construction WG, and Environment WG.

• Construction WG

Construction WG is composed of a member of the engineering department of the related construction. We planned 1. Heritage tour of famous Civil, 2. Tours of infrastructure development, 3. Tours of the power facility focusing on energy, and other activities. "Enjoy learning!" is our slogan. We will introduce the activities from 2010 to this year below.

FY2010

1. In July, we visited Arimatsu IC in Nagoya Ring Road No. 2 opened in March 2011. Concrete structures is almost completed inside the canal, the development towards the opening, such as paving and installation of noise barriers was being carried out. Photo 1 shows a solar cell that has been installed on the roof to supply power for illumination in the trench section.

2. In September, we visited the Kawagoe thermal power plant as a technical tour of Youth Professional Engineers. As fuel, liquefied natural gas (LNG) is used. The total output of this plant is 4.802 million kW, which is the world's largest thermal power plant (see Photo 2).

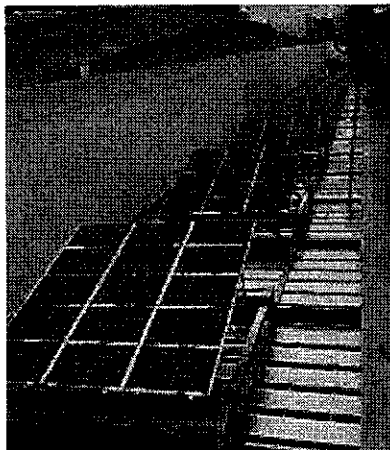


Photo 1. Solar cells on the roof



Photo 2. Kawagoe thermal power plant

FY2011

1. In July, we visited Sendohirakoumon related to Johannes de Reke. Johannes de Reke contributed to flood control projects of Kiso. We also visited megalithic check dam. Because location is close, in the afternoon of the same day, we visited the construction site of Yoro JCT (superstructure). Around Kiso Three Rivers (Ibi River, Kiso River, and Nagara River), there are many civil heritage left by Johannes de Reke. It is fun to learn the history of the flood control with the children as well as adults (See Photos 3 to 5).



Photo 3. Sendohirakoumon



Photo 4 Megalithic check dam



Photo 5 Bridge superstructure

2. In October, we visited Sakuma Dam, Sakuma Power Station, and Sakuma frequency converter station. By the East Japan Earthquake in March, electricity demand of the East had been tight. These sites were active to send electricity from the West Japan (see Photos 6 to 8).



Photo 6. Sakuma Dam

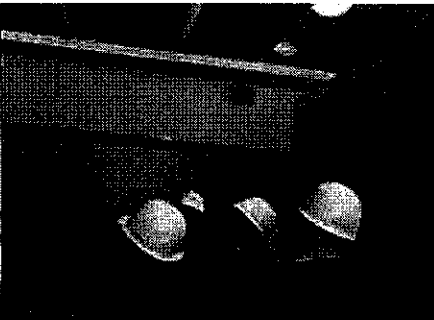


Photo 7 Sakuma Power Station

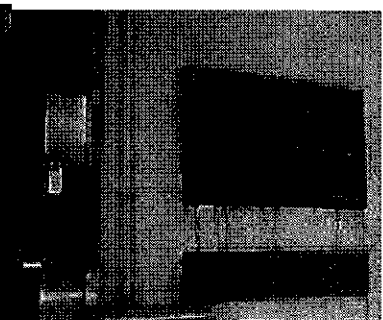


Photo 8. Sakuma frequency converter station

FY2012

1. In June, a tour with test drive of the large crane was held. Photos 9 to 10 shows 80-ton all-terrain crane. Those who took a test drive were like sitting in the cockpit of the robot, and their eyes shining as they returned to their childhood.



Photo 9. 80-ton all-terrain crane

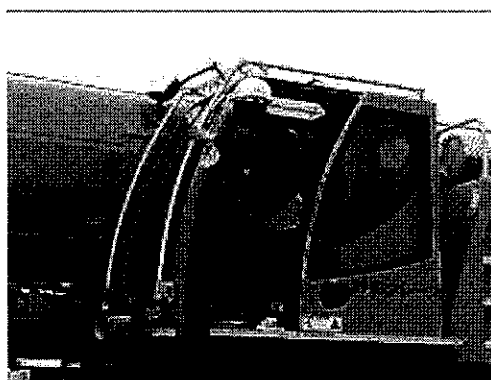


Photo 10. Participants in a test drive

2. In July, we visited the Hamaoka Nuclear Power Station. Photo 11 shows Hamaoka nuclear power museum. This site is the PR Hall for the general public. With the consent in advance, we were allowed to visit some of the power plants specially this time. Since photography is not allowed in the plant, Photos 12 to 13 are the a model of the reactor taken at the nuclear power museum, and status of the breakwater wall currently under construction.

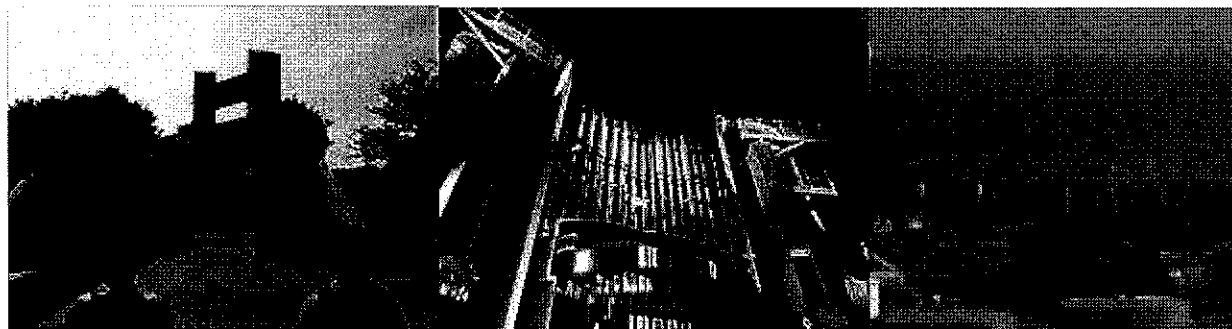


Photo 11. Hamaoka nuclear power museum

Photo 12. model of the reactor

Photo 13. status of the breakwater wall

• **Manufacturing WG**

In Manufacturing WG, members of the department involved in the design and manufacturing technology are mainly gathered and work together. Members, who are interested in various things on the market, have determined the purpose of exciting activities every year. Each member can study through the activities.

FY2009

Increase in efficiency of solar water heaters and solar power

Using a commercially available solar water heaters and solar power,

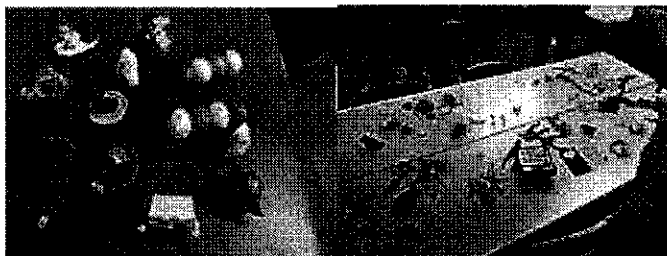
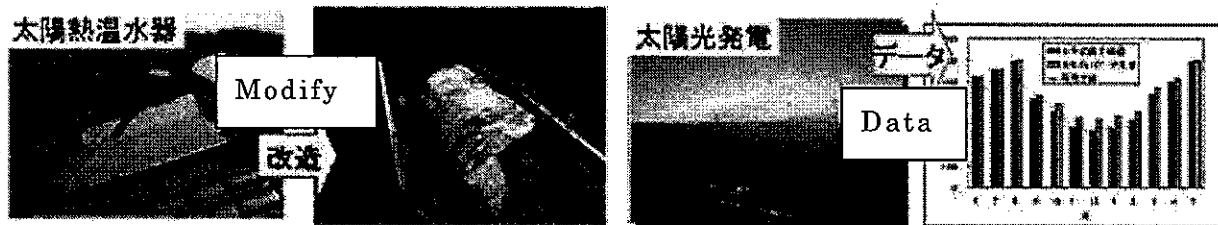
technical approach was performed to obtain more energy. For example, we tried increasing in heat retention property, optimizing angle of solar panel, and other method. This approach confirmed increased efficiency.

FY2010

Through the decomposition of a disposable camera, we have investigated the structure and technical ingenuity. Reuse of many parts, and increase the strength of the thin-walled housing with ribs, reduced the use of material. These were found to be effective for resource conservation.

FY2011

We have carried out the extraction of technical know-how used in the fast-food novelty. The simple structure and common parts reduced the number and types of components. This reduces the energy required for the manufacture of parts, and cost. We will keep paying our attention to things familiar. We want to continue to study the effective use of resources and the ingenuity of energy conservation that are hidden in the background.

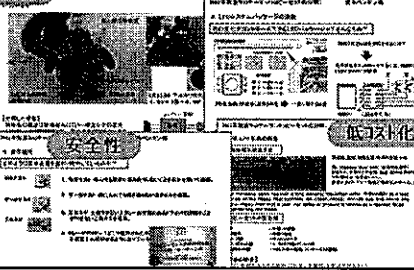


中部青年技術士会 製造WG
分解
～ハッピーセットの分解～



ファーストフードのおまけである
ハッピーセットを分解

発表内容



安全性

低コスト化

Decomposition of happy meal toy (fast-food novelty)

・ Environment WG

In Environment WG, Members, who are interested in the environmental field, from different sections are working on environmental issues by utilizing their expertise. We had been working since 2009 in anticipation of the COP10 held in Nagoya in 2010.

FY2009

We had discussed “What is Alien species” as a main subject and subjects such as “Examples of the effects of alien species on people” and “Is it possible to get rid of alien species?” In December, we tried to think in the value of alien species by eating them (“Kurahu” project started).



イシクラゲ (藍藻という経路なのです。)



イシクラゲ試食会の様子①



イシクラゲ試食会の様子②

Tasting party of Nostoc commune

FY2010

The following theme is determined from the discussion up to 2009. We are now discussing Japanese harm wildlife. We prepared for the exhibition of panel at COP10 held in October. We made a panel on the theme of "Thinking about environmental issues from water and food.", and made a game using a PC for virtual water calculation. Through the 8-day exhibition, we had about more than 1200 visitors, and the event was a great success.



技術士全国大会でのパネル展示



COP10でのパネル展示①



COP10でのパネル展示②

Exhibition of panel at COP10

FY2011

From fiscal 2011, we are working mainly on field survey activities. Mainly in Aichi Prefecture, we are investigating the biota. In the survey, we have identified the organisms themselves actually. As a result, we have gained a deeper knowledge and interests. In the past literature, unidentified organisms

have been found. We are going to expand the scope of the investigation.



魚類、水生生物捕獲調査の様子(家下川)



水生植物調査の様子(家下川)



野鳥観察会(堀川)



イノシシ肉でバーベキュー(戸田川)

BBQ with boar meat



荒子川テラピア釣り大会(荒子川)

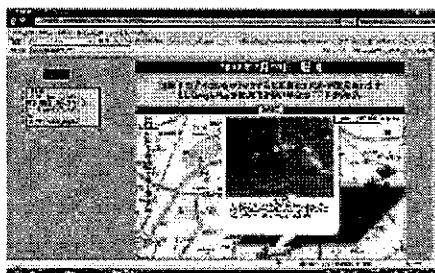
Fishing tilapia



勉強会の様子

FY2012

We continue field surveys, study sessions, and “Kurahu” activities. This year, we will summarize the findings so far. In addition, we are planning to conduct research and development on how to take advantage of data using the web.



生息相調査マップ(環境 WG の HP に掲載)

Investigation map of biota

3 Summary

We have also been working on the theme of energy and resources through WG activities of Young Professional Engineers of Central Japan. Currently, next-generation energy future has attracted attention. We will consider the nature of us based on the experience and knowledge gained in the WG activities. In addition, we would like to exchange views with the professional engineers of Korea. Then, we will adopt an international perspective to the WG activities. With exchange of ideas, we would like to deepen exchanges with the professional engineers of Korea.

Sustainable Energy Demand & Supply, and Commissioning Evolution

Masatoshi Kakegawa

Professional Engineer (Mechanical, Environmental and Industrial Engineering)

Abstract

Vulnerability of the energy supply system in Japan has been clearly shown by the great tidal wave and earthquake on March 11, 2011. We must create a new energy demand and supply system. It is not permitted at the expense of the safety and convenience of the next generation society. In order to achieve the goals, there are many challenges that must be overcome, like ZEB, ZEH, Smart Meter, Smart Grid. Commissioning become effective means to accomplish a new energy demand and supply system.

1 Introduction

It is not too much to say that after the two oil crises, energy conservation is in the spotlight for the first time in a long time. The great tidal wave and earthquake that struck Japan on March 11, 2011 and the energy crisis due to it, there is no doubt that gave us a shock that exceeds the two oil crises.

Power development in response to the two oil crises was the "de-petroleum". It took about 30 years petroleum policy in power configuration is paid off. When it comes to the conversion of energy policy in the future, it will take 20-30 years also. It is also obvious that alternative technologies are not ready at the moment.

Although there is a need for conversion from fossil fuels to renewable energy, it is not permitted to reduce the energy consumption simply becomes the purpose, at the expense of safety and convenience of the next-generation society.

2 Sustainable Energy Demand and Supply

It is necessary to have a clear vision that a long-term perspective, and build a sustainable energy demand and supply system. In the field of architecture, the paradigm shift to the ZEB (Zero Energy Building) and ZEH (Zero Energy House), conversion to renewable energy from fossil energy has been demanded. In realization ZEB and ZEH, by using the smart meters, it must be needed for two-way exchange of power and information by the smart grid.

2.1 ZEB (Zero Energy Building), ZEH (Zero Energy House)

Building and House have a significant impact on energy use and environment. Commercial and residential buildings use almost 40% of the primary energy in Japan.

In concept, the ZEB is a building with greatly reduced operational energy and generate energy needed. In such a building, high efficiency is gained such that

the balance of energy needs can be offset by renewable energy technology.
The ZEB status should be measured, reviewed, and tracked each year.

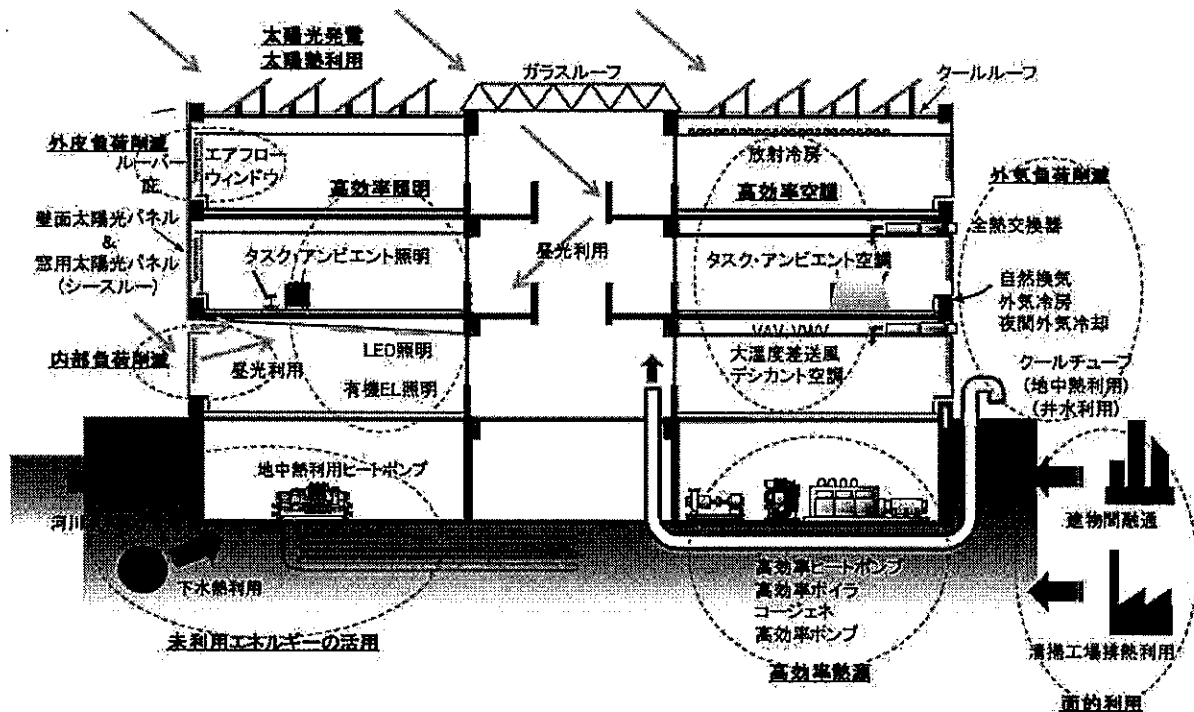


Fig.1 Conceptual diagram of ZEB (Ministry of Economy, Trade and industry 2010)

< Definition of ZEB >

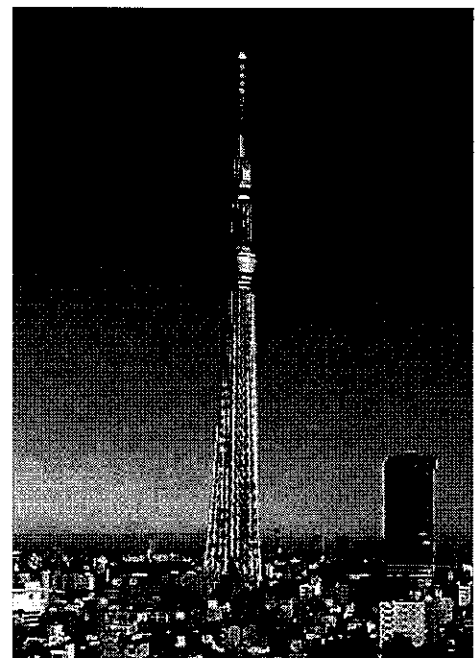
The energy performance of the ZEB can be accounted for or defined in several ways, on the boundary and purpose. Different definitions may be appropriate, depending on the project goals and the values of the design team and building owner.

- A. Net-Zero Site Energy
- B. Net-Zero Source Energy
- C. Net-Zero Energy Costs
- D. Net-Zero Energy Emission

2.2 Energy Conservation and Renewable Energy

Renewable energy is the amount of energy used is supplied again. There are solar energy, wind energy, geothermal energy, etc.

In Japan, the world tallest broadcasting tower "Tokyo Sky Tree" was opened in May this year. DHC (District Heating and Cooling) is introduced in this district. The ground source (geothermal) heat pump system is used in this DHC as a part of



Picture.1 Tokyo Sky Tree

energy source for the first time in Japan.

DHC is a system to make cold heat and hot heat in the plant, and carried out cold water and hot water in the district through a conduit, and supply air-conditioning and hot water in the buildings. For energy saving, reduction of CO₂, heat island suppression, improving disaster preventing, DHC is superior to the individual building system

Advantage of the fact that the ground temperature is nearly constant throughout the year about 15°C ~ 17°C, geothermal heat system, the heat source for cooling in summer and heating in winter where the heat dissipation of the ground by using heat pump, it is performed efficiently cooling and heating.

2.3 Smart Meter and Smart Grid

< Smart Meter >

A smart meter is usually an electrical meter that records consumption of electric energy and communicates that information at least daily back to the utility for monitoring and billing purposes. Smart meters enable two-way communication between the meter and the central system. Unlike home energy monitors, smart meters can gather data for remote reporting.

The spread of smart meter, promotion of energy conservation by visualization of energy consumption, diverse set of fee structure based on hourly energy usage, reduce peak demand by granting incentives, the creation of new energy services, and the development of the relevant market "smart", such effect are expected.

< Smart Grid >

A Smart Grid is an electrical grid that uses information and communications technology to gather and act on information, such as information about the behaviors of suppliers and consumers. The Smart Grid enables two-way sharing

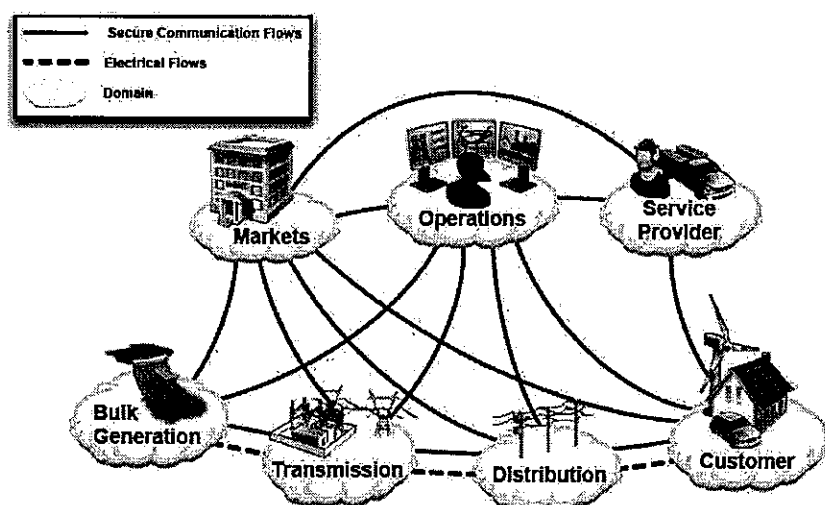


Fig.2 NIST Smart Grid Framework 2012

of information and electricity.

Component that is significant to the large-scale introduction of renewable energy to the grid is the battery, and that battery is essential to stabilize the balance of the power supply.

3 Commissioning

3.1 Purpose

The purpose of the commissioning is to provide the Owner of the facility with a high level of assurance that the mechanical and electrical systems have been designed and installed in the prescribed manner, and operate within the performance guidelines. For example, the purpose is to verify the effects on the business critical systems in the event of a system failure, therefore the commissioning will be demonstrate that the system perform as designed.

The Commissioning Authority shall provide the Owner with an unbiased and objective view concerning to the performance of planning, design, system's installation, operation. Commissioning is intended to enhance the quality, start-up, aid in the orderly transfer and beneficial use of systems for the owner.

3.2 Commissioning Process

A quality focused process for enhancing the delivery of a project. The process focuses upon verifying and documenting that the facility and all of its systems and assemblies are planned, designed, installed, tested, operated, and maintained to meet the Owner's Project Requirements.

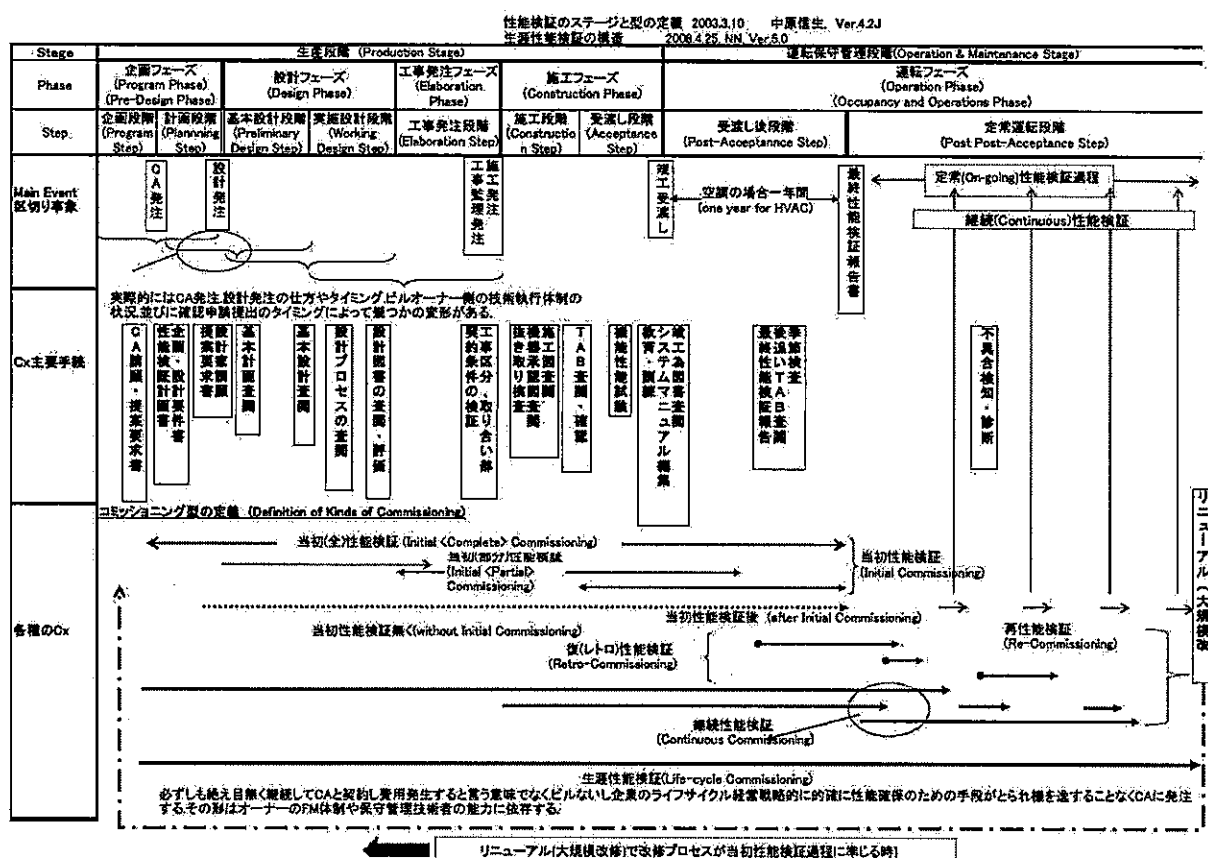


Fig.3 Commissioning Process of Building

(SHASE Guideline The Commissioning Process of Building Services Systems)

< Phase classification >

- ▶ **Program (Planning) Phase** : Verifies the validity of the content and requirements of the project owner.
- ▶ **Design Phase** : Verifies the validity of the design content, the design process and the degree of completion of the design documents.
- ▶ **Construction Phase**: Verification of the process, quality management, the design documents, and the operation and maintenance of equipment.
- ▶ **Operation Phase** : Verification after the completion and extradition in operation at the peak road, the season through the year, etc.

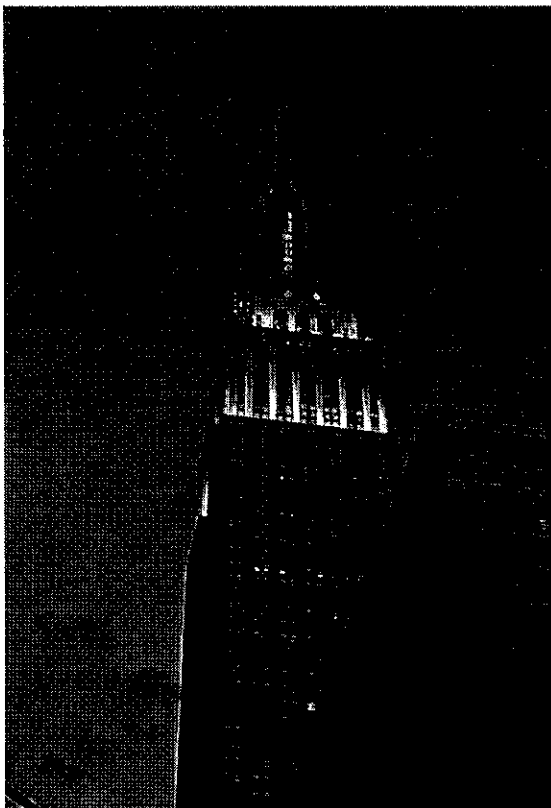
< Definition of Kinds of Commissioning >

- **Initial Commissioning (New Construction Commissioning)**
Performance verification from planning to completion and extradition.
- **Retro-Commissioning**: Performance verification for the first time in operation management and for energy conservation in existing buildings.
- **Continuous Commissioning** : Commissioning to be carried out continuously. It is desirable to implement continuous commissioning.

3.3 Case studies of Commissioning

< Retro-Commissioning >

As part of a massive greening of the Empire State Building a new Heat film technology is being used to dramatically boost the energy-efficiency of the



Picture.2 Empire State Building

landmark building's more than 6,500 hundred windows. The insulating film will be combined with an insulating gas to create "Super Windows" that reduce heating and cooling needs and decrease the building's overall energy use.

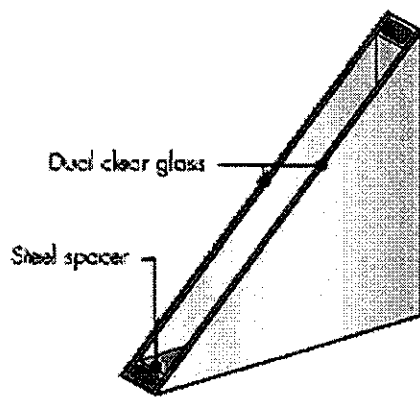
The beauty of the solution is that it requires no new windows and doesn't call for the trashing of the old windows. The savings — both financial and environmental — are equally impressive. The upgraded windows are expected to deliver over \$400,000 in savings per year. The window upgrade is one part of an integrated project that is expected to reduce energy use by 38%, save \$4.4 million per year in energy costs, and save a minimum of 105,000 metric tons of carbon dioxide over the next 15 years.

< Super Window > Super-insulating Technology

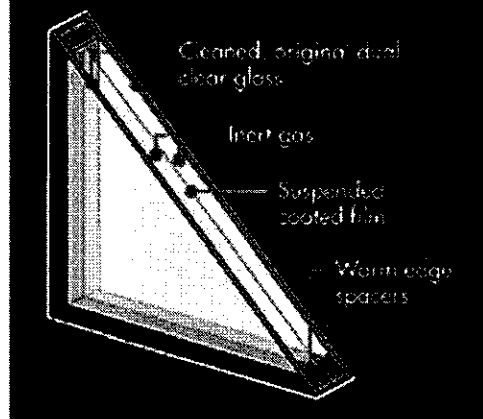
The existing glass of the building's about 6,500 double-hung windows, more than 26,000 total panes of glass, were removed from the window frames, separated, and cleaned in our processing space. New super-insulating glass units (IGUs) were produced using the old glass panes, new spacers, suspended coated film, and special gas fill. These new IGUs were then re-installed and increased the thermal performance of the windows by up to four times its former thermal performance.

< Before-and-After >

Existing window glass units in
Empire State Building



New super-insulating glass units
with Serious ~~Window~~ technology



The result increases the R-value of the older dual pane windows from R-2.0 to R-values ranging from R-5.0 to R-8.0. The super-insulating windows can also reduce solar heat gain by more than 50% compared to the older windows. (<http://www.seriouswindows.com/commercial-project-gallery/commercial-buildings/empire-state-building/seriousglass-technology.html>)

4 Future Aspiration

What will be needed for us to develop the new energy demand and supply system for the future?

Steve Jobs, the founder of Apple who had changed the world by developing ICT with the belief "Stay Hungry. Stay Foolish" is impressed. It was said three times in the commencement address at Stanford University in 2005, and sent to the graduates as a final message.

What we need to develop something new, (Not thinking outside the box) with the target of high hurdle (Raise the Bar), will challenge the absurd with drastic idea. I hope that when we overcome many hardships, a new rainbow bridge appears toward permanent peace.

Education Program for Information Technology in Agricultural Genome Sciences

農学系ゲノム科学領域における情報科学教育の実践

Kazuo Ishii, Ph.D., P.E.jp for Biotechnology

石井一夫、博士（医学）、技術士（生物工学）

Professor of Genome Science

Tokyo University of Agriculture and Technology

東京農工大学農学系ゲノム科学人材育成プログラム 特任教授

Introduction

Genome Science is an emerging science, which is based on genomic DNA sequences. Next generation DNA sequencers, which allow analyzing a human genome in several days with high-throughput data production and data processing, were developed and introduced into the bio/medical and agricultural research. These new sequencers are exploding genomic information and are revolutionizing the biotechnology and bio-industry. For data processing from these instruments, information technology based on programming, database and network is a key technology. Therefore powerful education for computer science and statistics is required in advanced agricultural genome research. We launched the education program of agricultural genome research to develop human resources possessing strong skills and literacy of information technology, in Tokyo University of Agriculture and Technology, in 2011.

Overview

Human Resource Development Program in Agricultural Genome Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology is intended (1) to develop an education system for the graduate school beyond the framework of institutions, graduate schools, specialties, courses, the research and education fields and laboratories, and (2) to develop human resources which possess the techniques and knowledge of advanced genome sciences globally growing in the research in industry as well as in academia and which perform practical research and development.

The program issues a call for research proposals requiring support of genome sciences from master's and doctoral students of the Graduate School of Tokyo University of Agriculture and Technology. The selected and eligible students include all students of (1) the Graduate School of Agricultural Science, (2) the Graduate School of Engineering, (3) the Graduate School of

Bio-Application and Systems Engineering (BASE) and (4) the United Graduate School of Agricultural Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology (including the University of Ibaraki, the University of Utsunomiya).

The selected students can receive personal training by collaboration of special teaching staffs and research mediators in addition to their mentor and can master the knowledge and techniques about genome sciences (genomics, proteomics, metabolomics and their applications), while conducting research in their own laboratories. Appropriate courses, seminars and symposiums for knowledge and research techniques about general genome sciences including information processing ranging from entry level to specialist level are organized and conducted.

By implementing this program, we promise to promote the level of research and education of the Graduate School of Tokyo University of Agriculture, as well as provide a lot of human resources which take an active role on the cutting edge of the life sciences.

(Program Director: Nobuhiro Takahashi, Ph.D.)

Organizational structure and Process of the Program

Organizational structure of our research and education program was depicted in Figure 1. The organization encompasses the whole university of Tokyo University of Agriculture and Technology, as well as extends the inter-university among Ibaraki University and Utsunomiya University. Graduate students apply the research proposals, and after the evaluation by program fixers and the Program Review and Evaluation Committee, the selected research is performed under the instruction of special teaching staffs, which are professional experts for genome sciences such as genomics, proteomics, metabolomics and their applications. Techniques and contents of learning support by the program were summarized in Table 1.

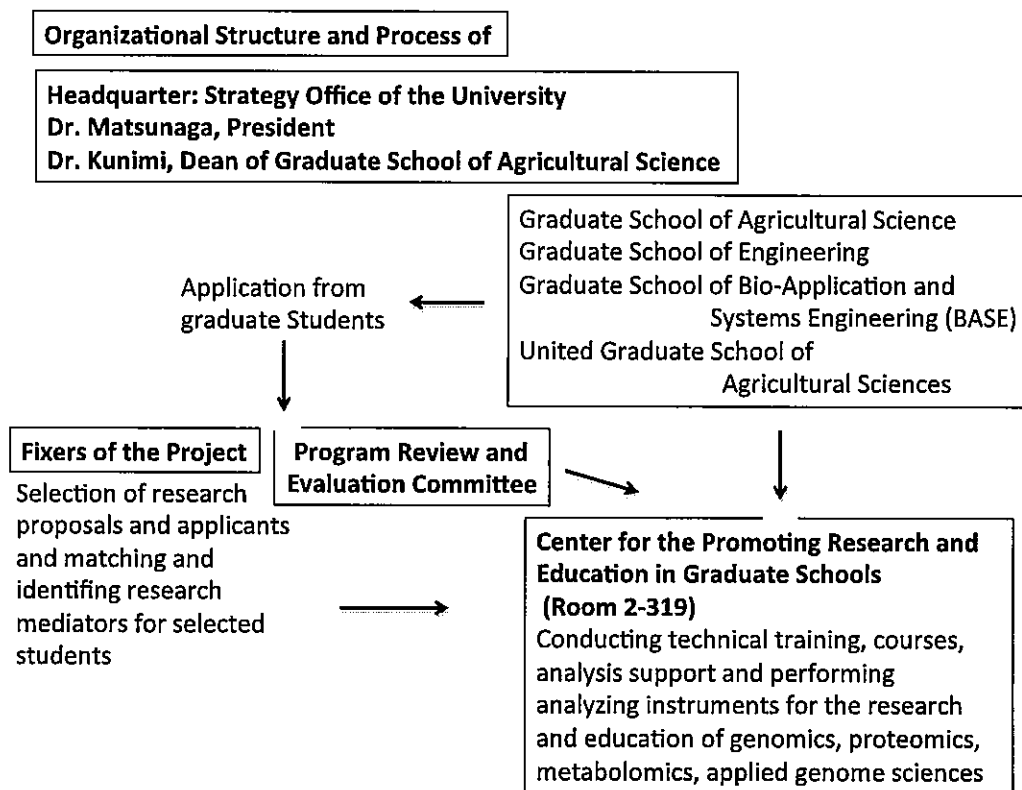


Figure 1. Organizational structure and Process of the Program

Table 1. Levels of Learning Support (Techniques and Contents)

	<u>Genomics</u>	<u>Proteomics</u>	<u>Metabolomics</u>	<u>Applied Genomics</u>	<u>Bioinformatics</u>
<u>Entry Level</u> (3 months)	A1. Sample Preparation	B1. Sample Preparation	C1. Sample Preparation		E1. Beginning UNIX, Scripting
<u>Intermediate Level</u> (3 months)	A2. Performing of Sequencer	B2. Sample Purification, MALDI-TOFMS	C2. LC-MS/MS of Metabolite	D1. Gene Transfer	E2. Data Assembly, Metagenome and Database
<u>Advanced Level</u> (3 months)	A3. Genome Sequencing	B3. Proteomics with LC-MS/MS and Mascot	C3. Metabolite Comparison	D2. Transgenic Methods	E3. RNA-Seq, ChIP-Seq and Statistics
<u>Expert Level</u> (3 months)	A4. Transcriptome Analysis	B4. Large Scale Shot Gun Analysis	C4. Functional Analysis of Metabolite	D3. Gene Targeting	E4. Other Various Data Analysis, Statistical Genetics
<u>Professional Level</u> (3 months)	A5. De novo Genome Sequencing and Transcriptomics	B5. SILAC Method, iTRAQ method etc.		D5. Genetic Engineering of Gene Cluster	E5. Implementation of New Analysis Method

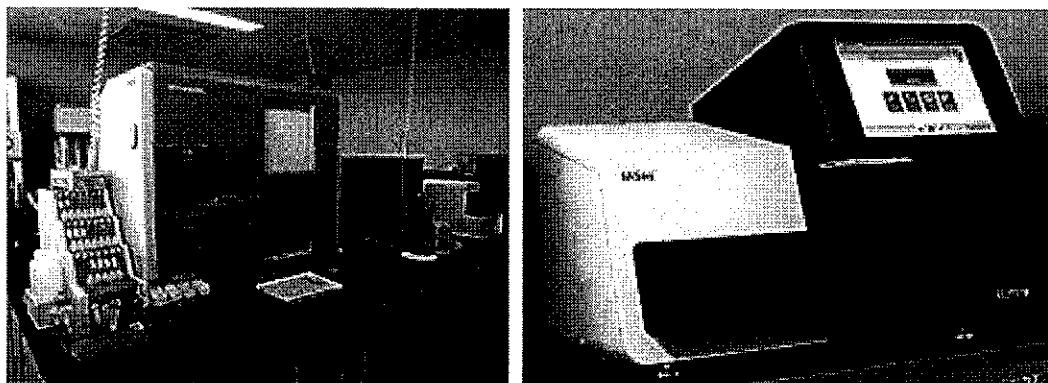


Figure 2. Main Instruments Used in Human Resource Development Program in Agricultural Genome Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology. Next Generation Sequencer Illumina GAIIX (Left photo) and Illumina MiSeq Personal Sequencer (Right photo).

Instruments Used in Human Resource Development Program in Agricultural Genome Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

Next Generation Sequencer Illumina GAIIX and Illumina MiSeq Personal Sequencer used in the program were shown in Figure 2. Research targets of the genomic analysis are ranging from bacteria to plants and animals, such as rice, tomato, tobacco, silkworm, mouse and human. And genome DNA sequences, DNA variations, RNA profiles, DNA modifications including methylation and protein bindings are analyzed by the DNA sequencers.

Data analysis system in the Program was depicted in Figure 3. Linux/UNIX based system is used in our data analysis system because it has very powerful performance in the data analysis including text processing, statistics and data visualization. Data analyses of the sequencing data were performed using free software based on Linux/UNIX OS. Students are provided personal PC preinstalled with Linux and about 50 kinds of data analysis free software and can take the personal training for data analysis and statistics using free software. Example of the list of introduced software was shown in Table 2.

We expect that our research and education program can promote genome sciences and its applications, and can supply the world-class human resources in the academia and industrial

field.

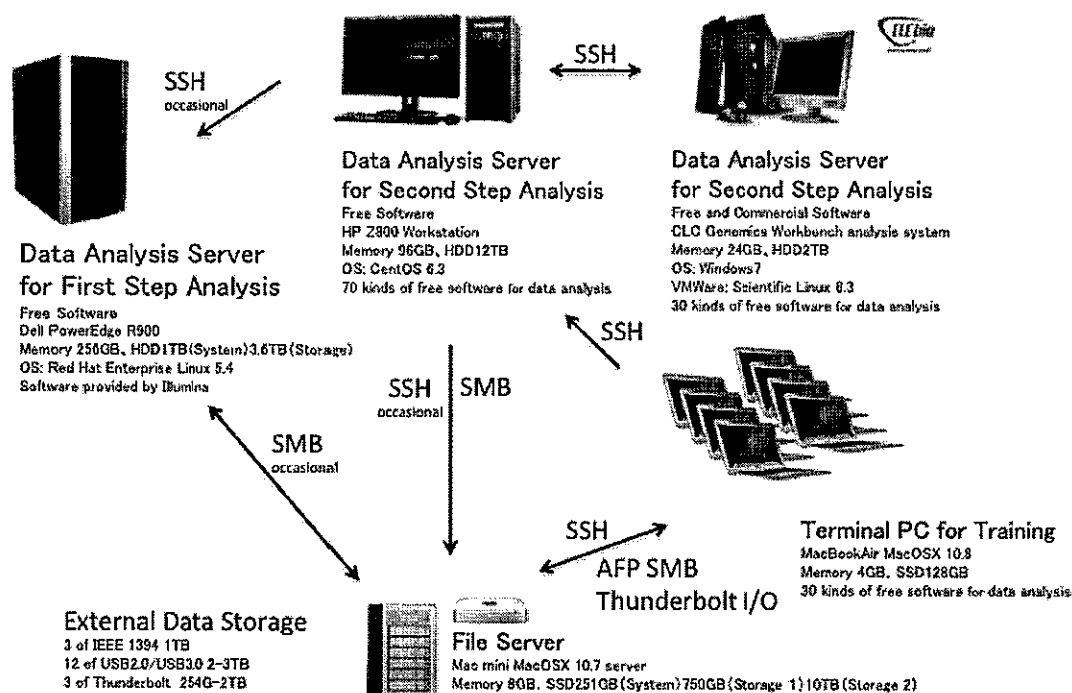


Figure 3. Data Analysis System Used in Human Resource Development Program in Agricultural Genome Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology.

Table 2: A List of Free Software Used in Human Resource Development Program in Agricultural Genome Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology.

Operating System:	Linux/UNIX (CentOS 6.3, Scientific Linux 6.3 and FreeBSD 9)
Programming:	Perl, Python, Ruby, Java, C, C++
Database:	MySQL, PostgreSQL
Genome Data Assembly:	Velvet, ABySS, SOAPdenovo, WGS Assembler, MIRA3, Phrap
Mapping:	Bowtie, BWA, Maq
RNA-Seq:	TopHat, Cufflinks, Trinity, Oases, SOAPdenovo-Trans
ChIP-Seq:	MACS, Quest, SISRrs, SPP
Statistics:	R/Bioconductor, Octave
Annotation:	BLAST, BLAT

基調講演、分科会発表者略歴

伊藤 徹 (ITO, Tetsu) 技術士 (建設／総合技術監理部門) 1951 年生 島根大学農学部農業工学科卒業 ㈱Earth Techno 取締役 副社長 (公社) 日本技術士会 日韓技術士交流実行委員会 委員長、中国本部副本部長 (公社) 地盤工学会中国支部鳥取地域幹事 日本応用地質学会中四国支部幹事 鳥取地学会相談役 鳥取県鑿井協会理事 専門：土質及び基礎、地下水、応用地質	田吹 隆明 (TABUKI, Takaaki) 技術士 (情報工学)、理学博士 (物理学) 1952 年生 早稲田大学大学院理工学研究科物理学及 応用物理学専攻 (実験核物理学)、日本学術振興会奨励 研究員、東京大学宇宙線研究所研究員、宇都宮大学工 学非常勤講師、 米国 NAS/NRC/NASA-MSFC Research Associate, (株)CADIX, 田吹技術士事務所 (公社) 日本技術士会 日韓技術士交流実行委員会委員 ISACA 東京支部 CISM 委員会委員長 専門：情報通信、Security
稲垣 正晴 (INAGAKI, Masaharu) 技術士 (応用理学／総合技術監理部門) 日韓技術士会議実行委員 (2001~2011) 1952 年生 1975 年東京大学工学部卒 ㈱WALNUT 取締役調査部長	市村 一志 (ICHIMURA, Kazushi) 技術士 (建設部門)、一級建築士 1962 年 3 月北海道大学工学部建築工学科卒業 技術士事務所 都市環境研究所 所長 専門分野：建築設計 (公共建築全般)、都市計画 (住宅団 地、都市再開発、地区計画)、都市環境に関する研究 (再 生可能 energy の研究、Coordinator) 地域放送「FM Apple」Regular Personality「自然 energy のお話」担当 Ice Shelter 技術普及協会事務局長、NPO 法人北海道 自然 energy 研究会理事 2012 年「工事監査 manual」Adviser、2012 年「自然 energy と環境の事典」共同執筆
打田 清和 (UCHIDA, Kiyokazu) 技術士 (環境部門) 1977 年 岐阜薬科大学卒業 同 年 愛知県庁入庁 主に環境行政に従事 (水質、大気、廃棄物、 環境影響評価等) 現 在 環境部地球温暖化対策監	牧山 昭彦 (MAKIYAMA, AKIHIKO) 技術士 (建設部門)、日韓技術士交流委員会委員、日本 技術士会中国本部顧問、山口県出身、 1953 年 3 月 山口大学工学部土木工学科卒、 防府市役所都市開発部長、企画部長、建設部長、土地 開発公社常務理事、 1983 年退職 中電技術 Consultant 技師長、山口支社長、 1995 年退任、 高山 Consultant 顧問現在に至る。 日本技術士会中・四国支部長 (2000 年～2009 年)
松谷 孝広 (MATSUTANI, TAKAHIRO) 技術士 (建設部門／総合技術監理部門) 日本技術士会中部本部事業委員長、建設部会長 大阪府出身、1953 年 12 月生 株式会社銭高組にて、各種土木構造物の施工管理に 従事し、作業所長、技術設計課長、岐阜営業所統括 所長を歴任。 2004 年 3 月に退社。 同年 4 月に DOSUCO 技術士事務所創立。 2005 年 3 月株式会社 DOSUCO 技術士事務所設立代 表取締役現在に至る。 中小企業の原価管理及び社員教育、経営 Consultant。 著書：日経 B P 社、日本工業新聞社、他多数。 東海工業専門学校非常勤講師	平野 吉彦 (HIRANO, Yoshihiko) 技術士 (応用理学／総合技術監理部門) 1957 年生 (株)KITAC 常務取締役・技術第一部長 1979 年日本大学文理学部応用地学科卒 1979 年 北日本技術 Consultant (現㈱KITAC) 入社 2010 年 現職 その他： 日本技術士会防災支援委員会委員 日本技術士会北陸本部防災委員会委員長 日本応用地質学会総務委員会委員 日本応用地質学会北陸支部副幹事長 新潟県地質調査業協会技術委員会副委員長 新潟応用地質研究会副幹事長 専門：防災・土木地質

春田 要一 (HARUTA, Yoichi) 技術士 (金属/総合技術監理部門) 1947 年生、1970 年名古屋工業大学工業化学科卒 同年松下電器産業株式会社 (現 Panasonic) 入社、 1988 年東亜合成化学工業株式会社 (現東亜合成) 入 社、2002 年春田技術士事務所開業 (公社) 日本技術士会理事、中部本部副本部長、ET の会副代表幹事、三重県技術士会副代表幹事 専門分野: Print 配線板の製造技術及び関連技術、め っき等表面技術 非常勤講師等 (岐阜大学、豊田工業大学、鈴鹿工業 高等専門学校、大同大学、三重大学)	橋本 義平 (HASHIMOTO, Yoshihei) 技術士 (情報工学部門) 1937 年生、1960 年京都大学理学部宇宙物理学科卒業 (有)SYSBRAINS 代表取締役、東京工業大学・東京電 機大学・横浜国立大学非常勤講師、葛飾区 IT-Adviser、 日本技術士会登録技術者倫理研究会代表、NPO 科学技 術倫理 Forum 理事
平野 輝美 (HIRANO, Teruyoshi) 技術士 (化学部門)、博士 (工学)、日韓技術士交流実 行委員、埼玉県技術士会理事。埼玉県出身。1989 年 東京理科大学修士課程修了。大手印刷会社勤務、機能 性 Ceramics 薄膜及び粒子の開発及び商品化に従事。 2003 年、平野技術士事務所代表、2009 年創造工学研 究所所長、2011 年株式会社 G G K 代表取締役、現在 に至る。2011 年春に「法工学概論 事故・故障調査 の Framework」を出版した。法工学の活用を提案し ている。	阿部 真丈 (ABE, Masatake) 技術士 (金属部門)、博士 (工学) 1996 年: 秋田大学鉱山学部卒業、同年那須電機鉄工 (株) 入社、現職。 2001 年~: 東京都立産業技術研究所受託事業研究員、 2003 年~: 関東経済産業局地域新生 Consortium 事業 「高性能水素吸蔵合金およびその製造装置の開発」 Project Leader、 2005 年: 日本技術士会業績発表大会優秀賞、 2009 年: 東海大学大学院博士課程修了。 専門: 合金設計、水素 Energy、腐食・防食技術 その他: 日本技術士会金属部会幹事、企業内技術士交 流会広報部会 HP 主査
江口 正臣 (EGUCHI, Masaomi) 技術士 (化学部門)、環境省登録環境 counselor 日本技術士会中部本部幹事、化学部会代表幹事 1967 年: 名古屋大学工学研究科修士課程修了。 1967 年: 東洋 rayon (株) (現 TORAY) 入社、主任部員。 1984 年: 東洋 bearing (株) (現 NTN) 技術・品証課長。 1989 年: TERUMO (株) 愛鷹工場次長、filter 事業担当。 1990~2002 年: NTN (株)、技術部長・品証部長退職。 2003 年: 三重県環境部、環境技術指導員。 2003~2009 年: 東海ものづくり創生協議会 adviser。 2004~2010 年: TORAY (株) 医薬・医療事業部門特別顧問。 2010~2011 年: (社) 中部航空宇宙技術 center、産学 官連携 coordinator、地域連携 manager。 2003 年~: 江口技術士事務所	田島 暎久 (TAJIMA, Teruhisa) 技術士 (航空・宇宙部門)、日本技術士会中部本部・副 本部長、岐阜県技術士会・代表幹事、 1968 年: 京都大学工学部航空工学科卒業。 同年: 川崎重工業 (株) 入社。Boeing 767、777、787 お よび Brazil の Embraer 70 など民間旅客機の国際共同 開発に従事。 1999 年: 川崎重工米国法人 KAWASAKI, USA 上級 副社長を最後に退職。 2008 年: 田島技術士事務所代表。 現在: 中日本航空専門学校非常勤講師、(社) 中部航空 宇宙技術 Center, Coordinator、中小企業支援 Network Adviser。 専門: 航空機構造設計
千坂 博明 (CHISAKA, Hiroaki) 修習技術者 (応用理学部門) 2006 年 北九州工業高等専門学校専攻科生産工学専 攻 (電気電子) 卒業 2006~2010 年 Sony EMCS (株) 入社 2012 年現在 藤岡国際特許事務所勤務	掛川 昌俊 (KAKEGAWA, Masatoshi) 技術士 (機械部門/衛生工学部門/総合技術監理部門) Professional Engineer Mechanical (WA, U.S.A.) 日本技術士会 研修委員会 委員 東京都検証主任者、埼玉県検証主任者 1962 年生、早稲田大学理工学部機械工学科卒業 Global 環境 Energy 研究所 代表 環境・Energy に関する Consulting、Energy Audit、 検証、省 Energy に関する審査、Commissioning に携 わる。E-mail masa_kakegawa@yahoo.co.jp

石井 一夫 (ISHII, Kazuo) 技術士 (生物工学部門) 東京農工大学特任教授。専門分野: Genome科学 (Bioinformatics、Datamining、計算機統計学)。 経歴: 徳島大学大学院医学研究科 博士課程修了。東京大学医科学研究所Human Genome Center、理化学研究所Genomic Sciences Centre、仏国Centre National de Genotypage、米国Northwestern大学Feinberg 医学部などを経て現職。 著書など: 著書「図解 よくわかる Datamining」日刊工業新聞社(2004)、翻訳書「Software Engineering 論文集 80's~Demarco Selection」翔泳社 (2006)、著書 「統計解析環境 R による Bioinformatics Data 解析」共立出版(2007)、翻訳書「翻訳 Bioelectronics」NTS(2008)、翻訳書「R による計算機統計学」Ohm 社(2011) 他。	
---	--