



FAPIG
THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2010 February

180

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2010-2 /平成21年度 第2号

No.180

目次

■ 解 説	
2010年の経済展望	(3)
岩本 洋	
■ 紹 介	
サーベイメータのシリーズ化	(9)
乾 大佑 / 布宮智也 / 畠山 修 / 洞 昭仁 / 石倉 剛	
TCB互換型7.2kV 63kA真空遮断器の開発によるレトロフィット方式での更新	(15)
今野雅行	
JMTRでの軽水炉燃材料の健全性試験計画	(22)
伊勢英夫 / 扇柳 仁 / 中村仁一 / 笹島榮夫 / 高佐 明	
埜 悟史 / 川口佳彦 / 知見康弘 / 西山裕孝 / 中村武彦	
発電機一体型リング水車の開発	(26)
清瀬弘晃 / 栗林榮一 / 長谷川英樹	
新もんじゅ 保守作業管理システムの開発	(30)
寺内 誠 / 政井 上 / 鈴木信太郎	
■ グループ情報	
FAPIGにおける原子力PA活動について	(36)
米田正章	
FAPIGの機構	(44)
● Fresh Information (富士電機システムズ)	(21)

表紙デザイン：永瀬恭一

Technology To Our Future

機械部門・金属部門・電子化成品部門・不動産部門・燃料部門

 **古河機械金属**

本社 〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
URL <http://www.furukawakk.co.jp/>

CONTENTS

■ Commentary
 Economic Outlook for 2010(3)
 H. Iwamoto

■ Introduction
 Development of Survey Meter Series(9)
 D. Inui / T. Nunomiya / O. Hatakeyama / A. Hora / T. Ishikura

Replacement Circuit Breakers by Retrofitting
 of 7.2kV 63kA TCB to VCB Development(15)
 M. Konno

Fuels and Materials Irradiation Test Plan at JMTR(22)
 H. Ise / J. Ogiyanagi / J. Nakamura / H. Sasajima / A. Takasa
 S. Hanawa / Y. Kawaguchi / Y. Chimi / Y. Nishiyama / T. Nakamura

Development of Integrated Small Hydropower Equipment(26)
 H. Kiyose / E. Kuribayashi / H. Hasegawa

Development of the New Maintenance Management System for MONJU(30)
 M. Terauchi / J. Masai / S. Suzuki

■ FAPIG Activities
 FAPIG's Activities for Public Acceptance of Nuclear Energy.....(36)
 M. Yoneda

● Fresh Information (FUJI ELECTRIC SYSTEMS)(21)

Cover Design : Kyouichi Nagase

2010年の経済展望
 Economic Outlook for 2010

岩本 洋*
 Hiroshi Iwamoto

〔概要〕

世界経済、グローバル金融市場を大きく揺るがした2008年9月の米国大手投資銀行リーマン・ブラザーズの破綻から、約1年半が経過した。戦後最悪といわれた世界同時不況にも何とか歯止めがかかり、グローバル金融市場も落ち着きを取り戻している。成長のけん引役を輸出に頼っていたことが災いして世界経済混乱の直撃を受けた日本経済も、景気後退局面は脱した模様だ。本稿では、まず昨年の世界経済、日本経済の動向を簡単に振り返り、その後2010年の経済について展望することとしたい。

1. 金融危機から戦後最悪の不況へ

リーマン・ショックを契機とした金融システム不安は瞬間に世界中に広がった。欧米の短期金融市場は機能不全に陥り、金融機関は資金繰りに窮した。あらゆる投資主体がリスク回避姿勢を強めて、リスク資産の売却に動いたため、株価は世界中で暴落した。通貨の暴落に見舞われたアイスランドなど数カ国は、IMF（国際通貨基金）の緊急支援を受ける事態にまで至った。

金融市場の混乱が世界経済に与えたダメージは甚大であり、2008年後半から世界経済は未曾有の同時不況に陥った。資金調達環境の急激な悪化は、企業の投資活動や貿易取引を世界規模で収縮させた。世界的な株価下落による逆資産効果と借入難により、家計の耐久財消費や住宅投資も落ち込んだ。2008年10～12月期と2009年1～3月期は、世界のほとんどの国と地域がかつてない大幅なマイナス成長を記録することとなった。金融システム不安に陥った欧米の最終需要の落ち込みは、輸出に依存した成長を続けてきた国々に大きなダメージを与えた。この時期、日本などアジア諸国の成長率の落ち込みが欧米に比べて大きかったのは、輸出依存度の高さが主因といえる。

1990年代後半のアジア通貨危機やそれに続く日本の金融危機のように、局地的な金融危機が实体经济にダメージを与えるケースは近年も散発してい

た。しかし、世界の金融市場と实体经济が同時に危機に陥ったのは、1930年代の大恐慌以来のことだ。

2. 総動員された金融・財政政策

金融市場の混乱がいつまで続き、实体经济がどこまで落ち込むのかが見通せない中、2008年末から2009年初にかけて、極度の不安が世界を覆っていた。手をこまねいていれば大恐慌のような長期不況に陥りかねない状況下で、危機感を強く抱いた各国の政府・金融当局は、金融の安定化と实体经济下支えに向けた異例ともいえる対策を矢継ぎ早に導入した。

当面の金融機関の資金繰りを支援する目的で、主要な金融市場では中央銀行による大量の流動性供給が行われた。FRB（米連邦準備制度理事会）やECB（欧州中央銀行）、日銀など主要中央銀行は、枯渇した短期ドル資金の供給で協調した。政策金利は各国で引き下げられ、2008年10月には欧米の主要6中銀による協調利下げも実施された。米国はその後も利下げを継続し、事実上のゼロ金利政策に踏み切った。また、欧州では、破綻の危機に瀕した金融機関を国有化する事例も相次いだ。金融機関の破綻を未然に防ぐため、米国をはじめとする数カ国では、政府が金融機関に対して予防的な資本注入も実施した。

一方、实体经济の急激な悪化に歯止めをかけることを企図して、公共投資や減税、失業給付の増

* みずほ総合研究所(株)

額などを内容とする景気対策が各国で策定された。特に、金融危機の震源地となった米国では、オバマ新政権が環境分野への重点投資などを内容とする総額7,872億ドルの大型景気対策を打ち出した。また、中国政府も、インフラ投資を中心に4兆元規模の財政出動を決定した。

3. 最悪期を脱した世界経済

米政府は2009年3月に金融機関の不良資産を買い取る官民共同ファンド設立の枠組みを示し、5月には主要金融機関に対するストレステスト（健全性審査）の結果を公表するなど、金融機関の経営不安を払拭すべく様々な対策を講じた。その過程で、主要な金融機関が連鎖破綻するような最悪の事態に対する懸念が薄れ、リーマン・ショック後に急上昇していたインターバンク金利は低下に向かい、夏場にはほぼリーマン・ショック前の水準に戻った。投資家のリスク許容度が改善するとともに、株価も世界的に持ち直した。

実体経済も、国ごとに多少の差はあるが、2009年夏場時点で最悪期を脱したとの見方が広がった。中国をはじめとするアジア諸国の経済指標は4～6月期から明確に上向き、やや遅れる形で米国・ユーロ圏も7～9月期にはプラス成長に転じた。アジア経済の底入れが先行したのは、中国の内需拡大が周辺国の輸出を誘発したことに加え、IT（情報技術）部門を中心に欧米に比べて在庫調整が迅速に行われたためといえよう。2008年10～12月期と2009年1～3月期にアジア経済の落ち込みが欧米に比べて深かったのは、大幅な在庫削減が行われたことも要因だ。その分だけ、早期に在庫調整の目処がついたアジア諸国の生産回復のタイミングが、欧米にやや先んじることとなったといえよう。

このように、各国の政府・金融当局の対応が功を奏して、金融危機の起点とされる2007年夏から約2年、リーマン・ショックからは1年足らずという短期間で、世界経済は最悪期を脱することに成功した。しかし、今回の金融危機は世界経済にさまざまな爪あとを残している。これが、2010年以降の景気動向に負の影響を与え続けることになりそうだ。

4. 日本経済は輸出激減で戦後最悪の不況に

リーマン・ショック直後は、日本は欧米ほど金融システム不安が強くないことから、相対的に経済の落ち込みが小さくて済むとの観測も一部にみられた。しかし、フタを開けてみると、2008年10～12月期と2009年1～3月期だけでGDPは約6%、生産は約35%も減少した。欧米と同様に戦後最悪の不況に陥っただけでなく、実体経済の悪化幅は欧米諸国よりも大きかったのである。原因は、いざなぎ景気を超える長期にわたった前回の景気拡大局面において、日本経済が輸出に依存した成長を続けてきたことに求められる。金融危機下では、最終需要の減退に加えて貿易信用が得られにくくなったことなども影響し、世界の貿易取引量が急激に収縮した。その中で日本の実質輸出（GDPベース）も約35%減少した。こうした輸出の急減を主因に、鉱工業生産は、2008年初のピークから約4割もの大幅な減少となった。ボトムの水準は、約30年前と同水準であり（図1）、いわば30年間の生産の増加分がわずか1年で吹き飛ばすほどのインパクトだったわけだ。

輸出と生産の急激な減少は、もともと弱かった国内需要のさらなる落ち込みを招いた。収益の悪化と設備稼働率の急低下を受けて、企業が設備投資を抑制する動きが強まった。製造業を中心に人員削減が進み、雇用・所得環境の悪化を背景に個人消費も減退した。この間の日本経済は内外需総崩れの様相を呈した。

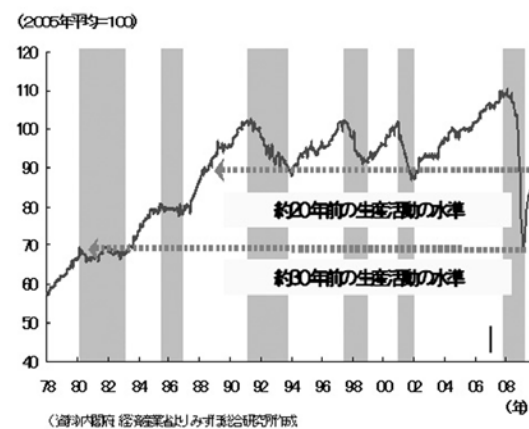


図1 鉱工業生産指数の長期推移

5. 日本経済は2009年3月に底入れ

しかし、今回の景気後退は予想外に早く終了した。各種の経済指標から判断すると、景気の谷は2009年3月となりそうである。2007年末ないし2008年初頭から始まったとみられる今回の景気後退期は1年あまりで終了した可能性が高い。戦後の景気後退期間の平均は1年半程度であり、期間だけをみればやや短めの景気後退期ということになる。ただし、その間の各種経済指標の落ち込み幅は過去の景気後退期を大きく上回っており、深さという点で戦後最悪の不況であったことは間違いない。

早期の景気底入れにつながった要因は、①中国・アジアを中心とする海外景気の持ち直し、②日本企業の迅速な在庫調整、③前政権による景気対策の効果、の3点である。景気対策に伴う中国のインフラ投資拡大は、主に各種素材輸出の回復をもたらした。非鉄金属や化学などの業種が特に恩恵を受けた。また、日本企業が欧米企業に比べてスピーディーに在庫調整を進めたことも早期の生産持ち直しの要因となった。自動車や半導体業界を中心に、迅速かつ大幅な減産を実施したことによって在庫調整に目処がついていたため、最終需要の下げ止まりとともに増産に転じることができたといえよう。さらに、2008年から数回にわたって実施されてきた政府の景気対策が効果を挙げ始めたことも、景気の持ち直しに貢献した。公共投資が成長率の押し上げ要因となったほか、家電や自動車の購入促進策（エコカー減税・補助金、エコポイント制度）が耐久財消費を喚起し、所得環境が厳しい中でも個人消費の持ち直しをもたらした。

6. 新興国依存が強まる世界経済

こうした中で迎えた2010年の世界経済は、どのような姿が想定されるだろうか。世界同時不況を経て、2010年は今後の本格回復を模索する「グローバル・ヒーリング（治癒）」の年と位置づけることができよう。しかしながら、回復の足取りは遅々としたものになる可能性が高い。

欧米先進国は、最悪期を脱したとはいえリーマン・ショック前の成長経路に早期に戻ることは期

待できない。リーマン・ショック前の各国企業は、概ね2007年までの成長トレンドに即して設備投資や人員配置を行っていたと考えられる。2008年以降の成長が下方屈折したことにより、各国企業は相当な過剰供給力を抱えているはずであり、その調整には数年を要するとみられる。また、米国や欧州では小規模な金融機関の破綻が続くなど、金融機能が正常化するのにもまだ時間がかかりそうだ。その間、企業は設備投資や雇用の抑制を続けることが予想され、過剰供給力の調整が終了するまではデフレのリスクがつきまとうことになる。2010年の米国・ユーロ圏はマイナス成長から脱するものの、低成長にとどまるであろう。

一方、新興国は、金融危機のダメージが小さかった中国などを中心に回復の動きが続くとみられる。欧米向けの輸出というエンジンが弱い場合、金融危機前のような高成長に復するかどうかは微妙な面もあるが、先進国に比べれば堅調な回復が続くであろう（図2）。

デフレのリスクを抱えた先進国の金融緩和策は長期化することが予想される。しかし、中国をはじめとする新興国が牽引力を強めていくと、原油などの商品市況が高騰する可能性も無視できない。その場合、先進国は深刻なジレンマに陥る可能性がある。不況が続いているためエネルギーを除くコア物価が低下しているにもかかわらず、エネルギー価格上昇によって総合的な物価指標が上昇し始めると、金融当局はインフレ期待を抑制するために利上げせざるをえなくなるためだ。すでに財政収支が大幅に悪化している先進国は、財政出動の余地が小さいため、打つ手がなくなってしまいうことも考えられる。民間部門の回復力が弱い中で近い将来の出口戦略をも意識しなければならない先進国の政府・金融当局にとっては、難しい局面が続くことになりそうだ。

7. 日本経済の重荷となる過剰設備と過剰雇用

2009年4～6月期、7～9月期と2期連続でプラス成長を記録した日本経済であるが、2010年もこのまま順調な回復が続けられるのか。また、早晩金融危機前の姿に戻り、輸出→生産→設備投資という企業部門を中心とする成長メカニズムに復

暦年	(前年比, %)			(前期比年率, %)					
	2008年 (実績)	2009年 (予測)	2010年 (予測)	2008		2009		2010	
				上期	下期	上期	下期	上期	下期
予測対象地域計	2.1	▲1.0	3.0						
日米ユーロ圏	0.2	▲3.5	1.2	1.0	3.2	▲6.0	1.4	1.3	1.1
米国	0.4	▲2.6	1.9	0.5	▲2.3	▲4.8	1.8	2.3	1.4
ユーロ圏	0.5	▲4.0	0.4	1.5	▲3.0	▲6.8	0.7	0.2	0.6
日本	▲1.2	▲5.4	1.1	1.0	▲6.6	▲8.0	1.7	0.7	1.2
アジア	6.6	5.0	7.1						
NIEs	1.5	▲1.1	4.4						
ASEAN4	4.6	0.7	4.0						
中国	9.0	8.2	8.7						
日本 (年度)	▲3.7	▲2.8	1.0	▲3.8	▲9.1	▲1.5	1.3	0.4	1.8
原油価格 (\$/bbl)	100	62	76						

(注) 予測対象地域計はIMFによる2008年GDPシェア (PPP) により計算。
(資料) IMF, みずほ総合研究所

図2 世界経済予測 (2009年12月10日公表)

していくのか。残念ながら、いくつかのポイント
を踏まえると、そのような経済の姿が短期的に実
現する可能性は低そうだ。

第一のポイントは、日本経済が再び過剰ストッ
クの重荷を背負い込んでしまった可能性が高いこ
とである。やや回復したとはいえ、企業の生産活
動の水準は引き続き極めて低い。2009年11月時
点の生産量は依然として約20年前の水準だ。稼働
率の水準も依然として低く、企業の生産能力は、需
要とのバランスでみるとまだまだ余剰なのである。

需要が今後も持続的に回復し、早晩フル稼働に
戻るような姿が描けるならば、しばらくの間工場
の稼働率が上がらずとも持ちこたえることはでき
ようが、現実にはそう簡単にはいかないだろう。
欧米を中心に、世界経済の回復は今後も緩やかな
ものに留まることが予想され、中でも、これまで
世界の需要を支えてきた米国の個人消費は、家計
部門の過剰債務問題の解消に時間がかかることに
加え、過剰債務が解消した後も、過去のように
「借金してまで消費する」というマインドが戻っ
てくるかどうか定かでない。そうなれば世界の最終
需要が金融危機前よりかなり低い水準で均衡して
いく可能性が出てきよう。少なくとも、そのよう
な不安が企業間に広まれば、償却費や人件費など
の固定費負担からできるだけ身軽になろうと、生

産能力の抜本的スリム化が図られる可能性が高
くなる。

当社の推計では、日本の製造業の生産設備は適
正水準から約10%過剰になっている。また、同様
に、目下企業が抱える余剰人員は300~400万人規
模に及ぶとみられる。これらの潜在的な過剰設
備・過剰雇用が、最終需要の長期的な均衡点に関
する企業の期待の下方シフトと結び付く形で顕現
化し、設備投資や雇用・所得の悪化が長期に亘っ
て続く懸念が燃える。設備・雇用の過剰といえ
ば平成バブル後の「失われた10年」が想起される。
当時の「過剰」は国内で内生的に生じたものであり、
外的需要ショックに起因する今回は、発生の原因
やプロセスは全く異なるものの、世界需要の低迷
が長引き、自然体ではデフレギャップがなかなか
縮小していかないならば、適正水準に向けた「過
剰」の調整を余儀なくされることになる。日本経
済は再び「過剰」問題に覆われているのであり、
2010年は設備や雇用の調整圧力が民需を下押しし
続ける可能性が高いと思われる。

8. 世界的な不均衡是正の潮流

二つ目のポイントは、世界的な不均衡是正の潮
流が今後の日本経済に負の影響を与える懸念があ
ることである。昨年9月に米ピッツバーグで開催

されたG20サミットにおいて、各国・地域は世界
的な経常不均衡を是正していくことで意見の一致
をみた。すなわち、米国をはじめとする経常赤字
国が身の丈にあった消費構造への転換を目指す一
方、日本や中国といった経常黒字国は過度な外需
依存からの脱却を求められる立場になった。

国内の成長が見込みにくい中で海外需要に活路
を見出してきた日本企業にとって、このような世
界的潮流が定着していくことは、少なくとも短期
的には逆風となろう。例えば、先に述べたような
外需の中長期的な均衡水準に対する期待値の低下
を通じて企業行動に変化が起り、国内生産スト
ックの調整圧力に拍車をかけるリスクがある。ま
た、為替市場においては、ピッツバーグサミット
を経て、不均衡是正へ向けた潮流を見越したよう
なドル安の流れがあり、輸出企業を中心に円高が
収益を圧迫する展開が危惧される。輸出主導の経
済モデルを一朝一夕に転換することが難しい中で、

こうした要因が日本経済を苦しめる可能性がある。

9. 2010年前半の日本経済は踊り場に

こうした状況下、2009年夏場以降の景気回復ベ
ースは鈍り、2010年前半は回復が足踏みする「踊
り場」となる可能性が高い。景気対策効果が剥落
することがその要因である。鳩山政権下で2009年
度第一次補正予算の執行が一部停止された影響が
年度末にかけて主に公共投資の減少という形で表
れるほか、2010年度の公共事業関係予算が、政府
予算案によれば大幅な減少となっている。エコカ
ー補助金やエコポイント制度はすでに限界的な押
し上げ効果が薄れていることに加え、昨年末賞与
の大幅減が影響して、当面の個人消費は停滞す
ることが予想される。公共投資の減少と個人消費停
滞により、2010年前半、国内需要は低迷する可
能性が高い。新興国中心に海外景気の回復が続く中
輸出の増勢が維持されて、景気後退局面に逆戻り

		2008	2009	2010	2009				2010				2011	
		年度	年度	年度	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	
実質GDP	前期比, %	▲3.7	▲2.8	1.0	▲3.1	0.7	0.3	0.4	0.3	▲0.2	0.6	0.3	0.5	
内需	前期比, %	▲2.7	▲2.8	0.0	▲2.3	▲0.7	▲0.1	0.0	0.0	▲0.5	0.4	0.1	0.4	
	民需	前期比, %	▲3.1	▲4.6	0.6	▲3.4	▲1.3	0.1	▲0.5	▲0.2	▲0.3	1.1	0.5	0.6
	個人消費	前期比, %	▲1.8	0.4	1.0	▲1.2	1.2	0.9	▲0.2	0.1	0.0	0.8	0.2	0.2
	住宅投資	前期比, %	▲3.7	▲18.5	▲1.5	▲6.4	▲9.4	▲7.9	▲1.7	▲2.1	1.1	2.2	▲0.1	0.7
	設備投資	前期比, %	▲6.8	▲17.3	▲1.2	▲8.4	▲4.6	▲2.8	▲1.6	▲1.5	▲0.6	0.7	1.4	2.2
	公需	前期比, %	▲1.3	3.2	▲2.0	1.1	1.3	▲0.4	1.8	0.3	▲1.1	▲1.6	▲1.0	▲0.4
公共投資	前期比, %	▲6.6	10.8	▲21.9	3.7	6.3	▲1.6	5.2	▲2.3	▲7.9	▲11.6	▲9.0	▲6.2	
外需	前期比寄与度, %	▲1.2	▲0.1	0.9	▲0.7	1.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	
輸出	前期比, %	▲10.4	▲12.6	10.1	▲21.3	6.5	6.5	4.0	3.0	1.8	1.5	1.5	1.5	
輸入	前期比, %	▲4.4	▲12.0	3.5	▲15.0	▲3.4	3.3	2.2	1.0	0.2	0.6	0.0	0.8	
名目GDP	前期比, %	▲4.2	▲3.8	▲0.5	▲3.0	▲0.7	▲0.9	1.7	▲0.4	▲1.7	▲0.2	2.3	▲0.1	
鉱工業生産	前期比, %	▲12.6	▲10.1	6.3	▲22.2	8.3	7.4	4.5	1.7	0.2	0.7	0.1	0.7	
失業率	%	4.1	5.4	5.3	4.4	5.2	5.5	5.3	5.5	5.5	5.4	5.3	4.9	
消費者物価	前年比, %	1.2	▲1.4	▲1.2	0.0	▲1.0	▲2.3	▲1.4	▲0.8	▲1.2	▲1.3	▲1.2	▲1.1	
無担コールO/N	%	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
10年物国債	%	1.4	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	
為替	円/ドル	100.5	92.0	93.0	93.6	97.3	93.6	89.0	88.0	90.0	91.0	93.0	95.0	

(注1) 消費者物価は生鮮食品を除く総合ベース

(注2) 無担コールO/N金利は期末値, 10年物国債利回りは期中平均値

(資料) 内閣府, 経済産業省, 総務省, 日本銀行, 日本経済新聞, みずほ総合研究所

図3 日本経済予測 (2009年12月10日公表)

するという意味合いでの「二番底」は回避されると見込まれるが、2010年前半の日本経済は、回復が足踏みする「踊り場」となるであろう。また、その後も、国内需要が本格回復までには至らない中、世界経済の成長テンポも緩やかなものにとどまることから、日本経済の成長率はなかなか高まらないことが予想される。

10. 現政権に求められる正しい成長戦略の提示

2009年8月の衆議院議員総選挙で民主党が圧勝し、政権交代が実現した。新政権の経済政策は、子ども手当など家計への直接支援を増やすことによって、政府から家計へ国内の所得配分をシフトさせ、個人消費を中心とした内需を振興することを目指している。

もっとも、どれだけ家計に直接的な支援をしても、ベースとなる賃金が下がり続けているままでは個人消費の持続的な回復は難しい。民主党のマニフェストには最低賃金の引き上げも挙げられているが、それだけではコスト増を嫌気した企業が雇用を削減するという逆効果を生む可能性もある。賃金が上昇するためには企業の収益力が向上することが不可欠だが、マニフェストに供給サイドの強化につながるようなめぼしい政策がないことも気がかりだ。

昨年末、政府は「新成長戦略」の基本方針を発表した。詳細は「国民の声」を集めた上で6月をメドにとりまとめるとされており、現時点ではなかなか評価しづらいが、基本的な考え方はマニフェストに掲げられた従来の基本思想の延長線上にあると思われる。すなわち、自民党政権の政策に対するアンチテーゼとして、公共事業依存（第1の道）と市場原理主義（第2の道）を否定し、「需要」からの成長という第3の道を政策方針と

している。

回復に向かい始めたとはいえ、日本経済はまだまだ低水準経済であり、足もとで需要を抑制する政策は回避しなければならないのは確かだ。したがって、当面は、金融緩和政策の転換、緊縮財政への舵きりなど、需要を冷やしかねない政策は控えるべきであるが、中長期的な成長戦略といった時には、需要サイドからスタートする考え方には賛成しかねるところだ。

人口減少が不可避の中、将来的な労働力の減少を緩和、抑制するために、女性、高齢者、外国人の労働参加といった問題に対して具体的にどのような政策を採るのか、アジアなど新興国の発展によりグローバルな競争が一段と激化することや環境・エネルギー問題が一段と重視される方向にあることなどの経済・社会の変化を、企業競争力の問題として捉え、その中で日本企業をどう支援していくのかといった供給サイドの戦略を、少なくとも需要サイドの政策と同時並行で構築する必要がある。

また、その際、必要な公共投資は躊躇なく行うべきであり、「コンクリートから人へ」のスローガンの下、一律に公共事業を否定すべきではない。例えば、「新成長戦略」にも掲げられている農産物輸出の増加に向けて、必要なインフラ整備は着実に実施する必要がある。重要なことは、真に必要な公共投資をしっかりと見極めることであり、この点で現政権に期待するところは大きい。

現政権には、目先の需要拡大のみに拘泥せず、日本経済の持続的な成長に向けての大きな戦略を早期に提示することを期待したい。そうすれば、日本企業の底力が発揮され、日本経済が確かな成長軌道に乗ることが可能になるとと思われる。

サーベイメータのシリーズ化 Development of Survey Meter Series

乾 大佑* 布宮智也** 畠山 修**
Daisuke Inui Tomoya Nunomiya Osamu Hatakeyama
洞 昭仁** 石倉 剛**
Akihito Hora Takeshi Ishikura

〔概要〕

新しく開発した3種類のサーベイメータを紹介する。サーベイメータには中性子や γ 線、X線の空間線量率を測る用途のものや放射性物質の汚染を α 線や β 線の測定で測る用途のものがある。開発した中性子サーベイメータは混合有機ガス管の開発により、減速材を不要にして質量を従来の1/4に軽量化した。ワイドレンジサーベイメータは入射窓の薄膜化およびG関数の組合せで8keVからの測定を可能とした。 α 線や β 線を測定するSi半導体式汚染サーベイメータでは、Siセンサの採用により、小型・軽量化および面内効率分布の均一性を向上した。

1. はじめに

原子力発電所などの放射線取り扱い施設では、施設内および周辺環境放射線量の管理が法令で義務付けられ、サーベイメータにより作業環境の空間線量率が測定および管理されている。同様に放射性物質による汚染密度の管理も法令で義務付けられ、サーベイメータにより作業場の床や壁などの表面汚染密度が測定および管理されている。原子力施設や放射線治療などで高エネルギー線を用いる医療施設の増加で、サーベイメータが広く使用されており、今後も需要が増えると予想される。このため、操作性を向上させたサーベイメータ3機種を開発したので紹介する。

ここで、サーベイメータの用途は γ 線、X線、中性子線の空間線量率の測定と α 線や β 線の測定による放射能物質の表面汚染の測定に大別される。今回開発した3機種とその位置付けは図1の通りとなり、この3機種で主要な測定に対応が可能である。

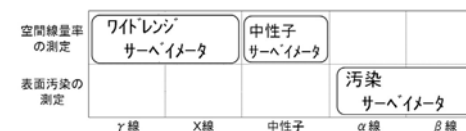


図1 開発したサーベイメータの位置付け

2. 中性子サーベイメータ

原子力施設や加速器施設で使用される中性子サーベイメータは、熱中性子から高速中性子を均一な感度で測定するために、高速中性子を減速させる減速材が必要となり、約4kgの球形ポリエチレン減速材を使用するため、質量が7～8kgになり重かった。

このため、原子力施設内および周辺の線量測定時の階段の昇降や敷地内の移動で大きな負担が作業者に生じるので軽量化が求められていた。そこで従来の1/4となる質量2kgの軽量な中性子サーベイメータ¹⁾²⁾³⁾を開発により減速材を不要にすることで製品化した⁴⁾。外観を図2に示す。

今回開発した新検出器の混合有機ガス管は、熱



図2 軽量型中性子サーベイメータ (NSN3)

* 富士電機システムズ(株) オートメーション事業本部 エネルギーシステム統括部 放射線システム部 海外プロジェクトグループ

** 同社 オートメーション事業本部 東京工場 放射線装置部 放射線モニター設計課

中性子に対して感度を持つガスと、高速中性子に対して感度を持つガスを混合した混合有機ガスを使用している。これを用いた中性子サーベイメータは、0.025eV～15MeVと広範囲の測定範囲での感度の均一化をガス組成による感度の均一化とガス管から得られる信号の波高値による補正を組み合わせて実現している。

熱中性子用ガスと高速中性子用ガスの感度がともに低くなる、中間エネルギー帯の感度を、ガス管からの信号を用いて補正した。

感度補正はガス管からの信号のカウントから線量に換算する際に、信号の波高値による重み付けで実施する。ここで、信号のカウントから線量への換算は、ICRP74勧告 (International Commission on Radiological Protection) による中性子周辺線量当量換算定数 [pSv/cm²] を用いた。中性子線量Hは、中性子エネルギーEを変数として、線量換算定数h(E)と中性子フルエンスΦ(E)により、一般的に式(1)で表すことができる。

$$H = \int_{0.025eV}^{15MeV} h(E) \Phi(E) dE \dots\dots\dots (1)$$

ここで、Φ(E)は直接求めることができないので、有機混合ガスからの波高値をL、中性子による波高分布をP(L)、検出器の中性子レスポンスをR(E, L)、波高値に対応する補正関数(G(E)関数)をG(L)とすると、線量換算定数h(E)と中性子フルエンスΦ(E)は、式(2)および式(3)で表すことができる。

$$h(E) = \int R(E, L) G(L) dL \dots\dots\dots (2)$$

$$P(L) = \int R(E, L) \Phi(E) dE \dots\dots\dots (3)$$

ここで、式(1)に式(2)および式(3)を代入すると、中性子線量Hは式(4)で表される。

$$H = \int \int R(E, L) G(L) \Phi(E) dE dL \dots\dots\dots (4)$$

さらに式(4)に式(3)を代入すると、中性子線量Hは、波高分布P(L)と補正関数G(L)により、式(5)で表される。従って、波高分布に補正関数G(L)を乗じて積算することで、中性子線量Hが算出される。

$$H = \int P(L) G(L) dL \dots\dots\dots (5)$$

このため、補正関数G(L)を最適化して、感度の均一化を図ることで、熱中性子～²⁴¹Am-Beの

エネルギー範囲において図3に示す通りのエネルギーレスポンスが±50%以内となる均一化な特性を実現している。

表1に今回製品化した軽量型中性子サーベイメータの製品仕様を示す。

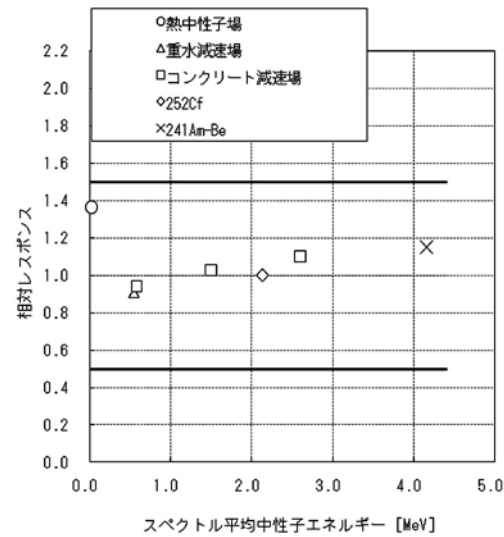


図3 中性子サーベイメータ(NSN3)のエネルギーレスポンス

表1 中性子サーベイメータの製品仕様 (NSN3)

項目	内容
検出器	有機混合ガス比例計数管
指示誤差	±15% (²⁵² Cf, 1μSv/h以上)
方向特性	±10% (垂直水平各±135°まで)
線量率測定範囲	0.01μSv/h ～9.999m Sv/h
積算線量測定	0.01μSv～9.999mSv
γ線感度	10%以下 (¹³⁷ Cs, 10mSv/hまで)
使用環境	0～40℃ 相対湿度90%以下
連続使用時間	連続12時間以上(電池) AC電源アダプタ(オプション)
外形寸法	約φ150mm×300mm (ハンドルを除く)
質量	約2kg
通信方式	USB
トレンドデータ	1200件

表示部にカラー有機EL型表示器を採用することで視認性を向上させると同時に、上下左右のボタンにより容易に時定数選択および輝度調整、トレンドピッチなどの設定を行えるようにして操作性を向上させた。トレンドデータとして、線量率の時間変化データを測定する機能があり、測定データは取りはずし可能な表示器を通じてUSBコネクタによるパソコン接続で簡単にデータ収集ができる。また、サーベイメータ本体に設けられたネジでカメラ用三脚に装着することで、環境測定などの連続測定も容易に実施できる。更に、カウントするごとにモニター音だけでなくLEDも点滅させて目視できるようにしたので、応答の遅い低線量率測定時の線源位置の特定などを高騒音下でも容易にできるようにした。

3. ワイドレンジサーベイメータ

医療用で使用される様々なX線照射装置(X線CT, マンモグラフィ, その他X線写真撮影)から発生するX線のエネルギー範囲は、8～300keVである。このエネルギー領域の漏洩線量測定には、電離箱式のサーベイメータが主に使用されてきた。しかし、検出感度が低く、精度の高い線量測定ができないこと、25keVのエネルギー領域でのエネルギー依存性が表示されていないなどの課題があった。そこで、NaI(Tl)シンチレーション検出器を用いて、測定エネルギー範囲が20keV～200keVで線量率範囲がバックグラウンド～4μSv/hまでを高感度に測定可能なサーベイメータがこれまで開発されてきた。今回、図4に示す、低エネルギーの感度を改良して8keVから測定でき、かつ環境γ線も1台で測定できるサーベイメータを製品化した。⁹⁾

8keVのX線を測定するには、検出器の入射窓の材料、厚さで決まるX線の減弱が過剰にならないこと、測定回路系のノイズレベルが8keVより十分低いことが必要である。そこで、低エネルギーX線の減弱を小さくするため放射線入射窓はアルミニウム箔にして、低エネルギーの感度を高めた。NaI(Tl)シンチレータの寸法は、環境γ線に対する方向依存性を平坦にするために、直径12.5mm、厚さ12.5mmの円柱形にしている。



図4 ワイドレンジサーベイメータ外観

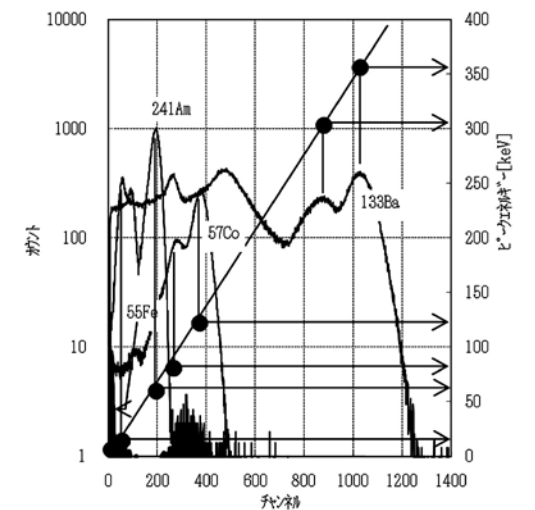


図5 低エネルギーγ線による波高分布およびピーク波高値の直線性

測定系のノイズレベルは、図5に示す通りに⁵⁹Fe(5.9KeV)のピークが測定できており、測定回路系のノイズレベルは8keVの測定に必要な低いレベルになっている。図5は4種類の低エネルギーγ線放出核種に対する波高分布測定結果である。各γ線のエネルギーに相当するピーク波高値(ピークチャンネル)はエネルギーに比例しており、G関数補正に必要な直線性を有している。

低エネルギーでの測定精度を改善するために、エネルギー特性の補償として、前項で述べたスペクトルから1cm線量当量への変換荷重関数(G関数)を用いて行う方式を採用した。

G関数算出には、線量換算係数と検出器の応答関数の入力データが必要で、それぞれ1cm線量当量換算係数とEGS4モンテカルロシミュレーション計算（以下EGS4計算）で求めた計算値を使用した。

図6は、今回使用したNaIシンチレータ（直径12.7mm×厚さ12.7mm）についてEGS4計算で算出した各エネルギーに対する検出効率、1cm線量当

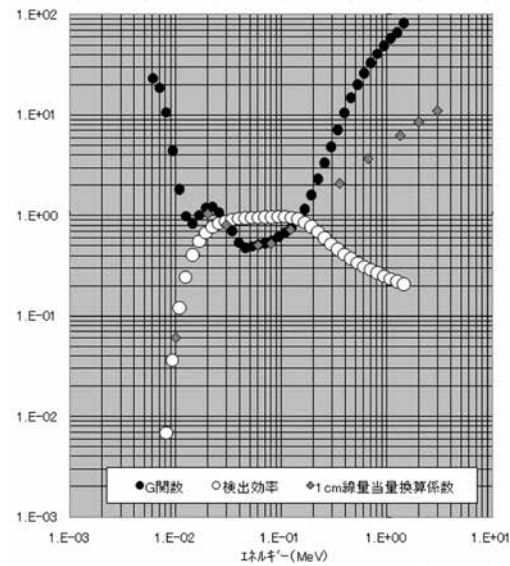


図6 効率およびG関数，線量当量換算定数のエネルギー依存性

量換算係数，およびG関数を示す。検出効率は30keV～100keVではγ線が検出器内で吸収されるためほぼ100%であるが，100keV以上はγ線が検出器を突き抜けてしまうためエネルギーとともに減少し，30keV以下では入射窓の吸収によりエネルギーが低くなるにつれて効率は減少している。

一方，1cm線量当量換算係数は，30keV～100keVでは60keV付近で谷となり，100keV以上ではエネルギーとともに増加し，30keVでは検出効率より大きく減少するため，検出効率にG関数を掛けて補正することで，1cm線量当量換算係数と同じレスポンスにしている。その結果，X線に対して図7に示す通りに±20%の誤差での測定を可能としている。

また，環境γ線に対しても，同様に，検出効率にG関数を掛けて補正することで，図8に示す通りに±10%の誤差での測定を可能としている。

表2には今回開発中のワイドレンジサーベイメータ（NHC6）の製品仕様を示す。

中性子サーベイメータと同様に，表示部にカラー有機EL型表示器を採用して視認性を向上させた。また，上下左右のボタンのみにより設定が容易に行えるよう操作性の改善と，トレンドデータ機能の追加も実施した。

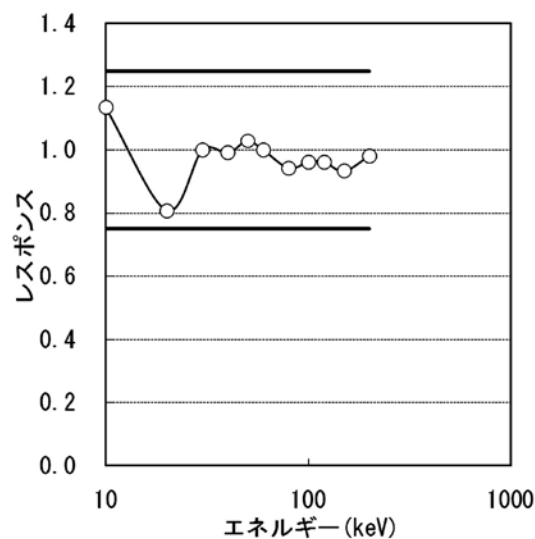


図7 低エネルギーX線に対するエネルギーレスポンス

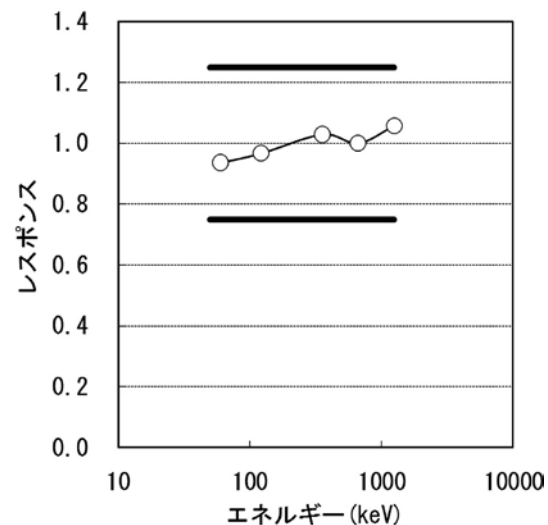


図8 γ線に対するエネルギーレスポンス

表2 ワイドレンジサーベイメータ（NHC6）の製品仕様

項目	内容
検出器	NaI(Tl)シンチレータ
測定線種とエネルギー範囲	X線:8keV～300keV γ(X)線:50keV～1.5MeV
エネルギー特性	X線測定モード:±25%(10keV～200keV) γ(X)線測定モード:±25%(50keV～1500keV)
指示誤差	X線測定モード:±20%/BG～60μSv/h γ(X)線測定モード:±20%/BG～600μSv/h
方向特性	±20%(0～±90°)
使用環境	0～40℃ 相対湿度90%以下
連続使用時間	連続16時間以上(電池) AC電源アダプタ(オプション)
外形寸法	約98mm×153mm×215mm(W×H×D)
質量	約1.3kg
通信方式	USB
トレンドデータ	1200件

4. 汚染サーベイメータ

放射性物質の汚染サーベイでは，安価で大面積化が容易であるプラスチックシンチレータ方式が主流である。しかし，真空管である光電子増倍管を使用するので小型化・軽量化が困難であるが，今回Si半導体センサを採用することで，小型・軽量化を図った。

また，中性子やγ線のサーベイと異なり，汚染サーベイでスポット状の汚染を調べる場合は，感度の面内分布が大きいと過少評価する可能性があり，面内分布は重要な性能になる。そこで，Si半導体センサを使用することにより，図9に示す小型・軽量かつ均一な面内分布の汚染サーベイメータを製品化した。

Si半導体センサは面積に比例して静電容量および漏洩電流が増え，静電容量および漏洩電流が増加するとアンプ回路のノイズも増加する。半導体汚染サーベイメータは分割したマトリクス状のセンサ配置を採用し，分割したセンサと同一面積で一部をASIC化したアンプ回路を用いてセンサの小型化および低コスト化した。

このサーベイメータの測定対象はα線およびβ線である。



図9 Si半導体式汚染サーベイメータ外観

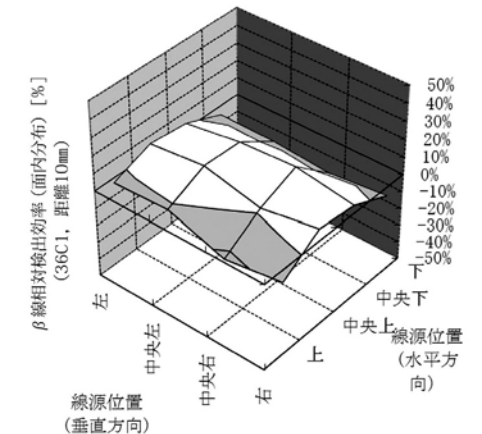


図10 検出効率の面内分布（NHJ2）

β線のみを測定する場合は，α線カット膜を有感面に装着して測定する。α線カット膜を装着しない場合は，α線+β線の測定となる。

このサーベイメータのβ線検出効率の面内分布を図10に示す。平均効率に対して最大および最小検出効率は1.10および0.88であり，中央部が高く周辺部が低くなり，検出効率変化としては±10%以内である。これは周辺部に線源が位置する場合中央部に線源がある場合に比べて立体角が小さくなる事や金網などの構造物などがあることによる。また，表3に今回製品化した半導体式サーベイメータ（NHJ2）の製品仕様を示す。

中性子サーベイメータおよびワイドレンジサーベイメータと同様にカラー有機EL表示器を採用して，優れた視認性を実現すると同時に，全体を軽量にしたことで汚染サーベイ作業の負担を軽減している。

表3 半導体式サーベイメータ (NHJ2) の製品仕様 (α線, β線用)

項目	内容
検出器	Si半導体
測定線種	α線, β線
指示誤差	±1 (表示の最小桁値)
計数効率	α線:20% ²⁴¹ Am β線:20% ³⁶ Cl
測定指示範囲	0~9999000 (計数值) 0~9999 Bq/cm ² 0~99990min ⁻¹
使用環境	-5℃~45℃
連続使用時間	連続使用時間8時間以上 (電池) AC電源アダプター (オプション)
外形寸法	約120mm×56mm×293mm (W×H×D)
質量	約1.0kg
時定数	1, 3, 10秒 または自動設定
通信方式	USB
トレンドデータ	1200件

5. おわりに

環境放射線測定での操作性を向上させたサーベイメータ新製品3機種についてのべた。3機種のサーベイメータとも、校正および性能は既存製品と同様のトレーサビリティを有し、従来機同様の運用性および精度が担保されている。今後、これら可搬性があり電子化されたサーベイメータを用いて環境放射線の時間的変動の測定やリアルタイム測定することでより作業場に即した環境測定が期待できる。これからも環境放射線線量を用いた放射線管理に役立つ製品を引き続き提供していく。

最後に、本開発に当たって特性評価の便宜やいろいろな助言を与えてくださった多くの関係者に謝意を表します。

参考文献

- 1) 布宮他, 日本保健物理学会 第42回研究発表会 B21 (2008)
- 2) 布宮他, 日本保健物理学会 第43回研究発表会 B27 (2009)
- 3) 布宮他, 日本放射線安全管理学会誌 Vol.8 No.2, pp117-118 Nov. 2009
- 4) 特願2008-164588
- 5) 畠山他, 日本保健物理学会 第43回研究発表会 B20 (2009)

TCB互換型7.2kV 63kA真空遮断器の開発による
レトロフィット方式での更新

Replacement Circuit Breakers by Retrofitting
of 7.2kV 63kA TCB to VCB Development

今野 雅行*
Masayuki Konno

〔概要〕

富士電機は東海第二発電所の所内電気系統6.9kV高圧配電盤 (以下「メタクラ」と称す) について、発電所の営業運転開始以降、定期点検により設備保全に努めてきた。近年、重要機器である遮断器の保守部品が枯渇してきたことを受け、極小油量遮断器 (TCB) の更新計画を推進すべく常用系および非常用の2機種のTCB互換型の真空遮断器を開発し、一部更新を実施した。本稿では、TCB互換型真空遮断器の開発手順並びに電動操作型と電磁操作形VCBの開発の概要を紹介する。

1. はじめに

東海第二発電所は、日本初の大型原子力発電所 (電気出力110万kW) として1978年11月より営業運転を開始し、現在、国内最高の総発電電力量を更新中である。

富士電機は、当発電所の建設時にメタクラ78面を納入している。その心臓部にあたる遮断器には、当時の主力製品である極小油量遮断器 (TCB) を採用したものであった。

当発電所も着工より30年余が経過し、メタクラ遮断器についても更新が必要となってきた。富士電機はTCBを互換性のある真空遮断器 (VCB) に置き換えるべく、検討および開発を進めてきた。

メタクラは、常用系と非常用の2種類あり、既設TCBも2種類用いられており、非常用は、耐震性、再投入時間の短時間化など、厳しい仕様が要求されていた。

メタクラの更新においては、更新期間を最短で実施可能とする遮断器のレトロフィット化可能性について検討し、TCB互換形VCBを開発するこ

ととした。はじめに常用系遮断器として電動操作形で遮断容量63kAの開発を行い、続いて非常用VCBとして電磁操作形で再投入時間の短縮と耐震性の検証を行った。

本稿では、VCBのレトロフィット化検討、電動操作型VCB並びに電磁操作型VCBの開発経緯などについて紹介する。

2. レトロフィット方式による更新提案の検討

メタクラの更新においては、盤全体を更新する方式と遮断器のTCB互換タイプを準備して、収納機器のみ更新するレトロフィット方式とが考えられる。

提案すべき更新方式については、レトロフィット方式/盤全体リプレース方式の比較を機能、品質、運用、コストなどの観点からそれぞれ評価し、最終的には、改修規模、運用面並びに費用の点で優れているレトロフィット方式とした。

レトロフィット方式と盤全体リプレース方式との検討結果を表1に示す。

* 富士電機システムズ(株) 発電プラント事業本部 原子力・核燃サイクル統括部 技術部

表1 更新方式比較

比較項目	レトロフィット方式	評価	盤全体リプレース方式	評価
機能・性能面	既設同等レベルを保証可能	◎	既設同等レベルを保証可能	◎
外観・構造面	外観面は既設盤流用のため変わらない	○	新盤となるため、美観上改善される	◎
延命化に伴う保守面	①盤実装機器は定期的に交換 ②水平母線の接合部の継続的な劣化診断が必要 ③盤内配線の継続的な劣化診断が必要	△	①盤全体リプレースであり、全実装機器が最新となる	◎
改修規模	改造範囲がTCB互換型VCB交換などミニマム	◎	改修範囲が膨大となる	×
運用面	更新期間が短く遮断器操作方式の違いによる混乱を最小に抑えられる	○	更新期間が長く各工期の間隔が空くことにより遮断器操作の違いによる混乱を招く恐れあり	△
機器搬出入	搬出入経路上の問題なし	◎	搬出入に際し既設ダクトとの干渉	△
コスト	全体リプレースの1/2	◎	遮断器更新の2倍	△

表2 遮断器基本仕様

定 格	電 圧	7.2kV	
	電 流	1200A	2000A
耐 電 圧	遮断電流	63kA	
	投入電流(波高値)	160kA	
	短時間耐電流 2s	63kA	
	商用周波1分 雷インパルス (1.2×50μs)	22kV 60kV	
閉 極 時 間	0.3s		
動 作 責 務	O-1min-CO-3min-CO		



写真1 試験状況

遮断器のレトロフィット化としては、蓄勢バネを用いた電動操作型のVCB開発から始めた。

電動操作型VCBでは、遮断器の基本構成、性能の確認並びに既設盤への実装確認を行い、レトロフィット化の検証を実施した。

遮断器基本仕様を表2に示す。

遮断器は、表2に示す基本仕様の確認並びにJEC2300に規定される試験（開閉試験、短時間耐電圧、短絡試験など）を実施して基本性能の確認を行った。写真1は試験状況を示したものである。

既設盤への実装確認については、モデル器を実際に用いて確認した。既設遮断器は、取合いの接点を増やす目的で、Aux. SWを遮断器上部の盤側にも設けており、位置調整が必要であること並びに、飛び出し防止の構造など細部まで合わせる必要があった。

レトロフィット方式を採用の場合、TCB互換型VCBの開発に加え、耐震評価、既設盤への実装確認並びに、メタクラ盤内配線の劣化評価が必要であった。

遮断器の耐震性の評価に関しては、シミュレーションによる耐震解析を行うとともに、試作したモデル器を用いて加振試験を実施し、機構部に異常がないこと、遮断器開閉動作に問題がないことを確認した。詳細については、次項のVCB開発で紹介する。

3. 電動操作型VCBの開発

遮断器の投入方式は、バネを用いて投入するものと電磁石で直接投入するものに分けられ、更にもその操作方法として、モータを用いた電動操作形と電磁石を用いた電磁操作形に分けられる。

既設TCBでは、常用系は電動操作のバネ投入方式であり、非常用は電磁操作のバネ投入方式であった。



既設TCB TCB互換型VCB

写真2 実装確認試験

実装確認としては、写真2に示す通り、VCBが干渉することなく盤への収納が可能であったこと並びに各部の取合いも問題なく収まることが確認できた。

4. 電磁操作型VCBの開発

4.1. 基本仕様の検討

非常用の遮断器の場合、再投入時間の制限があるため、投入方式としては、電磁操作方式を採用することとした。

4.2. 操作方式の検討

VCBの電磁操作方式は電磁石で直接投入する電磁直接投入方式が標準であるが、既設の非常用TCBは電磁石で投入バネを蓄勢し、投入バネのエネルギーで投入する電磁-バネ投入方式を採用していた。互換形VCBとしては、両タイプを①構造、②操作エネルギー、③投入速度、④手動投入、⑤製作実績の面で比較検討し、採用方式を決定した。各項目の優劣は次の通りである。

(1) 構造

電磁直接投入方式は投入バネとその蓄勢機構が不要であるため、電磁-バネ投入方式より構造が簡単である。

(2) 操作エネルギー

電磁-バネ投入方式は電磁エネルギーを一旦バネのエネルギーに変換するのに対し、電磁直接投入方式は電磁エネルギーを直接操作エネルギーと

して使用するため、エネルギーロス小さくすることが可能である。

(3) 投入速度

電磁-バネ投入方式はバネ力で投入するため、投入速度は操作電圧の影響を受けないが、電磁直接投入方式は操作電圧に影響される。ただし、補助ヨークによる磁気回路を追加し、操作電圧が変動してもほぼ一定の投入速度が得られる特殊電磁石を採用することにより、この問題は解決可能である。なお、この特殊電磁石は富士電機で多数の使用実績があるものである。

(4) 手動投入

手動投入については、電磁-バネ投入方式ではバネ力で投入するため実負荷の投入が可能である。一方、電磁直接投入方式は、人力投入となるため、実負荷での投入は不可能である。

(5) 製作実績

電磁直接投入方式はVCBで標準的に採用されてきた実績のある方式であるが、電磁-バネ投入方式はVCBでの採用実績はなく、TCBにおいても原子力方向63kA用のみの実績である。

上記の比較検討の結果、構造、操作エネルギー、製作実績の面で電磁直接投入方式が優位である。手動投入においては、電磁-バネ投入方式が優位であるが、実性能やシステムの運用方法から、電磁直接投入方式でも問題にならないと判断して電磁直接投入方式を採用することとした。

4.3. 再投入時間の検討

再投入時間については、VCBの投入時間と、投入電磁石により真空バルブの開閉軸を操作するプランジャのリセット時間を考慮して設定することになる。

投入時間およびプランジャのリセット時間については、解析結果と既存の電磁操作形VCBでの実績から判断して、それぞれ0.3秒と1.5秒とした。この結果、再投入に必要な時間は計算上1.8秒となることから、再投入時間目標値を2秒以下とした。

図1に再投入時間とプランジャ位置の関係を示す。

4.4. 定格仕様

前項までの検討結果に基づき、開発品の定格仕様をまとめ、表3の通りとした。

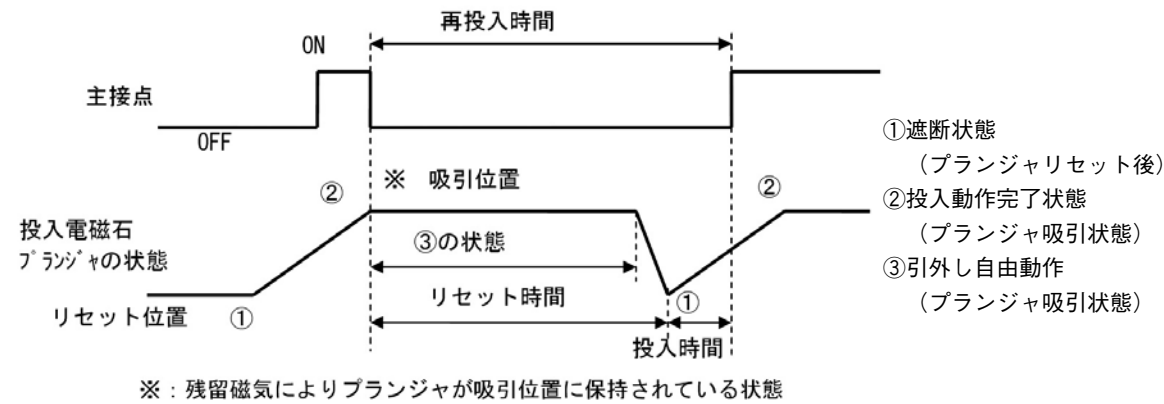


図1 再投入時間とプランジャ位置の関係

表3 定格仕様

型式	HS6306M		-12Hf	-20Hf
定格	電圧	7.2kV		
	電流	1200A	2000A	
	遮断電流	63kA		
	投入電流(波高値)	160kA		
	短時間耐電流 2s	63kA		
耐電圧	商用周波1分	22kV		
	雷インパルス (1.2×50μs)	60kV		
閉極時間	0.3s			
動作責務	O-1min-CO-3min-CO			
開極時間	0.07s			
閉路操作方式	電磁直接投入式 (再閉路時間:2秒以下)			
	閉路操作電流	DC125V 100A		
開路方式	開路制御電流	電圧引外し DC125V 5A		
	寿命	機械的寿命	10,000回	
		定格電流開閉寿命	10,000回	
適用規格	JEC-2300, 3K-1, B-9205			

5. 基本設計

電磁操作形VCBにおいては、投入電磁石を含めた電磁操作器の設計を新に行うと共に、耐震性の評価を実施している。

5.1. 電磁操作器の検討

電磁操作器の設計では、既存操作器と比較検討

を行い適用の可否を検討した。既存操作器として容量的に近いものは、火力向7.2kV 40kAと、アーク炉用24kV 20kAがある。

アーク炉用電磁操作形VCBの負荷エネルギーと電動操作形63kA VCBの負荷エネルギーはほぼ等しく、若干の改良を加えることで開発品である電磁操作形VCBの操作器として適用できると判断し、これをベースに設計を進めることとした。

5.2. 耐震性評価

今回の遮断器に関する耐震性の要求としては、既設のメタクラ盤と同様に、水平2方向660Gal、鉛直方向330Galの地震に遭遇しても、機能の損失、誤動作が発生しないこととした。

設計段階の静的解析評価として、操作機構を各状態に分けて実施し、特に電磁操作機構内部の係合部の耐震評価を行い、問題ないことを確認した。

(1) 投入動作開始時

遮断ラッチと一体となっているトリップレバーには、バックスプリングおよびトリップレバーの自重により反時計方向の回転トルクが発生するが、2240Galまでトリップレバーは時計方向に回転せず、充分裕度を有している。

(2) 投入動作途中時

投入コイルの負荷力に対し、投入コイルのプランジャ自重に鉛直330Galの加速度が作用しても全負荷力に対する割合は0.5%で無視できる大きさであることから、正常に投入動作を行えると判断する。

(3) 投入動作完了時

投入動作は、ローラにより押し上げられたツメがバックスプリングの力で戻り、ローラとツメが係合することで完了する。このバックスプリングによる回転トルクは、ツメ自重による回転トルクに対して80倍の裕度を有しており、ツメとローラが係合失敗することはない。

(4) 投入保持状態

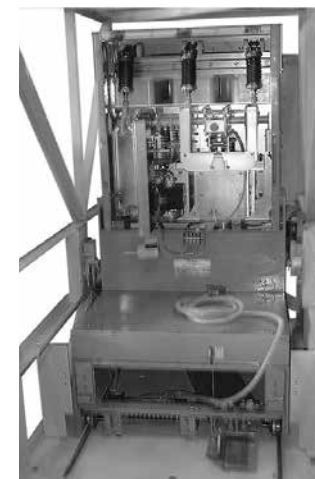
トリップレバーには、接触スプリングと遮断スプリングによる反時計方向の回転トルクが働いて

いる。この回転トルクは、トリップレバーとダンパーレバーの自重による回転トルクに対して117倍の裕度があり、ラッチローラとラッチの係合が外れることはない。

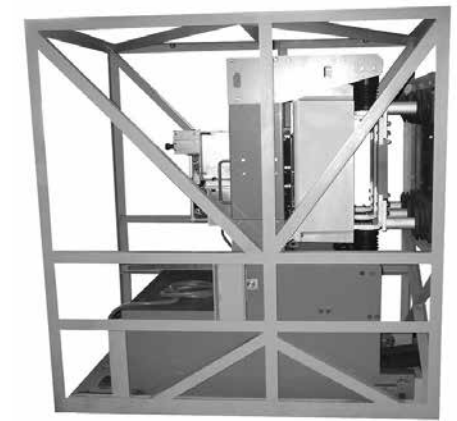
6. 試作, 特性試験

設計結果に基づき、63kA電磁操作形VCBを試作し各種特性試験を実施して性能評価を行った。

試作したVCBの外観並びに操作器後部を写真3, 4に示す。

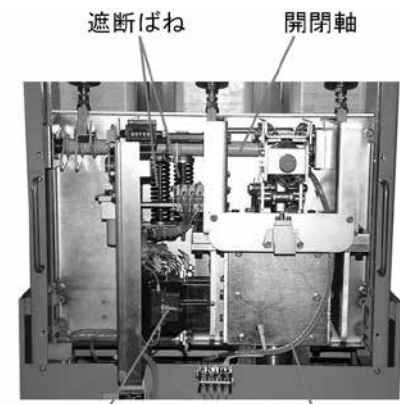


正面図

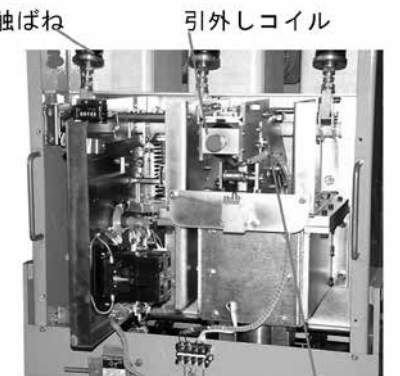


側面図

写真3 VCB外観



正面



右斜視

52X

投入電磁石

写真4 電磁操作機構

表4 再投入時間測定結果

操作電圧	制御電圧	再投入時間 (測定値)	目標値
DC125V	DC125V	1.62s	2s以下

6.1. 電气的特性試験

無負荷閉路特性試験として最低動作電圧測定、閉路特性試験並びに開路特性試験を実施した。

最低動作電圧の測定では、操作・制御電圧を定格下限として規定されているDC125Vの75%よりさらに下げて開閉操作を行い、投入および引外し可能な最低動作電圧を測定し、開路コイル(52C)：55%、投入用電磁石(52X)：60%、開路コイル(52T)：25%であった。いずれもJECで要求される仕様を満足していることを確認した。

また、寿命試験として、10,000回の連続開閉試験を行い、最低動作電圧、閉路特性および開路特性に変化がないことを確認した。

更に、非常用VCBとして要求されている再投入時間についての測定を行い、要求仕様を満足していることを確認した。表4に試験結果を示す。

6.2. 耐震試験

試作したVCBの加振試験を実施し、固有振動数を確認するとともに加振中での動作確認を行った。

はじめに0.05Gにて2~50Hzの正弦波掃引試験を行い、3軸、水平2方向(VCB幅方向/奥行方向)および鉛直方向の共振点を求めた。求められた共振点はVCB幅方向が20Hz、奥行方向が29Hz、鉛直方向が45Hzであった。

次に、これらの水平方向共振点のうち低い周波数である20Hzの条件にて水平2方向1.0G(1000Gal)と鉛直方向0.5G(500Gal)の連続正弦波加振試験、さらに実際の地震動を模擬した3軸同時加振試験を実施し、それぞれの試験開始前、試験中、試験後において誤動作しないことに加えて、開閉動作が正常に行えることを確認した。

これらの結果より、非常用VCBとしての耐震性が十分に備わっていることを確認した。

写真5に耐震試験状況を図2に固有振動数の測定結果を示す。



写真5 三次元耐震試験実施状況

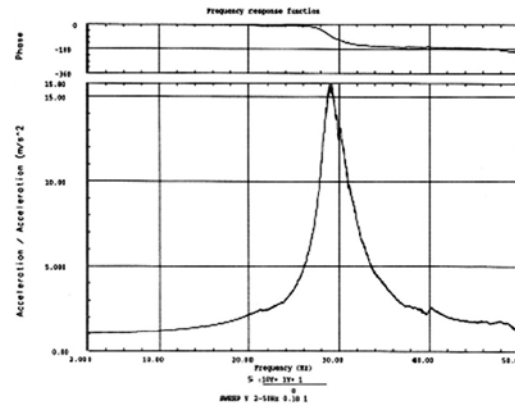


図2 固有振動数測定結果

7. ま と め

今回のTCB互換形VCBの開発にあたり、要求性能を満足させるため、いかに確実な動作特性を得るか、いかに耐震性能を満足させるかなど、数多くの克服すべき課題に直面したが、富士電機機器制御(株)の遮断器設計および開発試験部門の全面的な協力を頂き、これらの課題を解決し、プロトタイプ完成に繋げることができた。

これらの成果を反映し、一部、東海第二発電所のメタクラ遮断器として採用いただき、納入することができた。

富士電機システムズの新製品のご紹介
～電中研式クリアランスレベル測定装置～

クリアランスレベルとは

自然界の放射線と比較して十分小さく、また、人の健康に対するリスクが無視できる放射能濃度(Bq/g)のことです。

このレベル以下の物については、放射性物質として扱う必要がなく、一般廃棄物と同様に扱えるものです。

クリアランスレベルの一例として、原子力発電所で多く存在するCo-60については、0.1Bq/gと法令で規定されています。



クリアランスレベルを測定する装置とは、原子力発電所等で発生した金属廃棄物(配管、制御盤のカバーなど)を測定してクリアランスレベル以下であることを確認するためのものです。

富士電機は、(財)電力中央研究所が開発した「自動形状認識トレイ型クリアランス専用装置」(クリアランスの判断方法：2005、日本原子力学会標準、AESJ-SC-F005：2005より)の製品化を行いました。

製品の特長

- 【高感度】 大面積プラスチック検出器を開発し、高感度測定を可能とした。
- 【高精度】 レーザ計測により、測定対象物の形状認識し、MCNP計算により効率・バックグラウンド計数率補正を実施し、高精度測定を可能とした。(電中研殿特許)



Co-60を30秒測定で100Bq測定可能
(1kg以上の測定で、法令のレベルを測定可能)

- 【大量測定】 測定対象物寸法：MAX 80cm(W)×80cm(D)×40cm(H)
質 量：MAX 200kg

お問い合わせ 富士電機システムズ株式会社 オートメーション事業本部 東京工場 放射線装置部
〒191-8502 東京都日野市富士町1番地
TEL：042-583-6210

JMTRでの軽水炉燃材料の健全性試験計画

Fuels and Materials Irradiation Test Plan at JMTR

伊勢英夫*	扇柳仁**	中村仁一**	笹島栄夫**
Hideo Ise	Jin Ogiyanagi	Jinichi Nakamura	Hideo Sasajima
高佐明**	埴悟史**	川口佳彦**	知見康弘**
Akira Takasa	Satoshi Hanawa	Yoshihiko Kawaguchi	Yasuhiro Chimi
		西山裕孝**	中村武彦**
		Yutaka Nishiyama	Takehiko Nakamura

【概要】

(独)日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、軽水炉の開発や安全確保などに資するため、Japan Materials Testing Reactor (JMTR)を改修して2011年度に再稼働する計画を進めており、軽水炉燃料および材料の照射に係わる健全性を調べるための試験装置の整備を改修と並行して行っている。本稿では、この燃料および材料照射試験計画の概要について述べる。

1. はじめに

燃料高度化および高経年化対応技術戦略マップにおいて、今後の燃料開発や軽水炉の高経年化に適切に対応するための研究課題や行うべき時期などがまとめられている。原子力機構はこれらの課題解決に資するため、また、原子力の安全に不可欠な研究施設を含めた基盤を維持するため、2006年度より概念検討などの準備を進めてきた。この中では、原子力安全・保安院からの委託事業などにより軽水炉燃料および材料の照射健全性に関する試験研究などを実施する。2007年度に装置の詳細設計などを終え、2008年度より装置の製作設置準備に本格的に着手した。

2. 全体計画

本計画では、出力増強や高燃焼度化に対応した高度化燃料の安全評価に必要な異常過渡条件での燃料の破損限界を調べるための燃料異常過渡試験、原子炉圧力容器鋼の破壊靱性の変化をより合理的に評価するための大型試験片を用いた照射脆化試験、照射環境下での原子炉構造材の応力腐食割れ(SCC)試験、BWR用制御棒のトラブルの

原因となったハフニウムの照射挙動に関する試験などを行うものとし、図1に示す照射試験キャプセル、キャプセル制御装置などの整備を進めている。燃料試験については、開発のための照射が欧州で行われているため、これを日本に輸送するための容器の整備や高い中性子強度を有する高燃焼度燃料取扱いのための遮蔽強化なども合わせて実施する計画である。JMTRでは従来BWR燃料の出力過渡時の破損限界を自然対流条件のBoiling Capsule (BOCA)を用いた出力急昇試験により得てきた実績を有するが、新たに強制対流条件やドライアウト条件での試験を可能にするキャプセルなどの開発を進め、多様な条件での試験に対応する計画である。また、照射脆化やSCCなどの材料照射試験では、従来よりも大型化された試験片に対応可能な装置の準備を進めている。これらの照射試験は2016年までの約6年間に亘り照射および照射後試験を行う計画である。また、これらの試験に加え、長期間照射された燃料の状態を調べるためのループなどの装置や水化学に関する試験装置についても検討を行っている。燃料および材料照射試験のそれぞれの具体的な内容について以下に述べる。

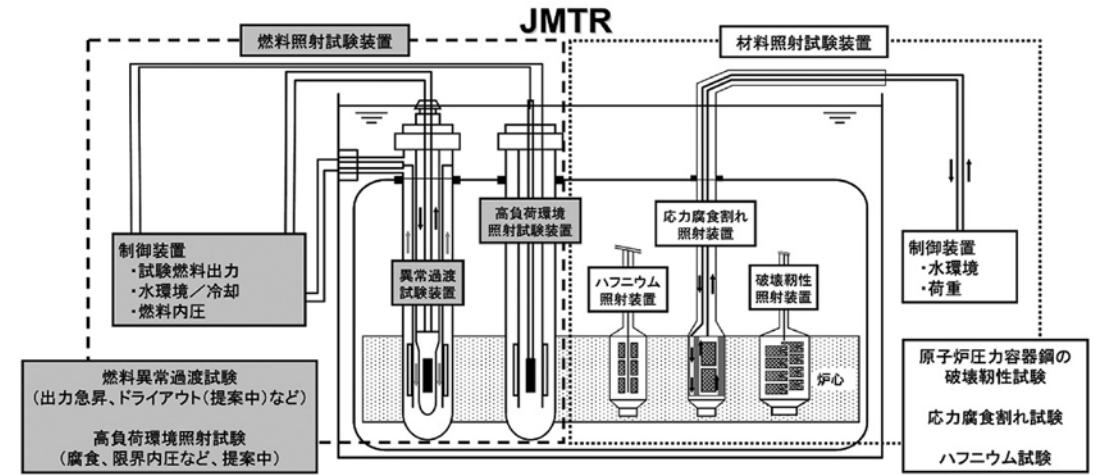


図1 JMTRでの軽水炉燃材料照射試験計画の概要

3. 燃料照射試験

(1) 目的

軽水炉の高度利用のため、高燃焼度化、最適運転サイクル対応、水化学の高度化、炉出力向上やプルサーマルなどが行われようとしている。これらにより燃料に高効率・高負荷での運転が要求される場合があり、産業界はこれに対応するため被覆管の耐腐食性を高め、設計を見直した高度化燃料などの開発を行っていることが燃料高度化技術戦略マップ¹⁾などによって示されている。こうした高度化燃料の利用や燃料使用範囲の拡大を安全に進めるためには燃料の破損限界やその機構を適切に把握し、安全評価や指針などに反映することが必要である。このため、燃料の破損限界や破損要因、破損が及ぼす影響などについて、信頼性の高い知見を得るための燃料照射試験を計画した。

(2) 試験計画

上記燃料照射研究ニーズに応えるために必要な試験設備として、異常過渡事象を模擬した条件で燃料の破損限界を調べる異常過渡試験装置、高出力などの高い負荷環境で高燃焼度燃料などを安定に長期間照射するための高負荷環境照射試験装置に要求される性能や仕様の検討を行った。

異常過渡試験装置は、制御棒の誤引き抜きなどによる原子炉出力の異常な上昇事象に対応した出力急昇試験に用いる自然対流型キャプセルと強制

対流型キャプセル、原子炉のポンプ異常などにより燃料棒の冷却が損なわれ、沸騰遷移が発生して被覆管温度が上昇した場合を模擬する試験に用いるドライアウトキャプセルなどにより、原子炉の異常過渡時の燃料棒の破損限界を調べるために用いる装置である。これらの試験では、高燃焼度燃料に対して高出力を得ることや、迅速な破損検出を行うなどの試験装置の性能向上を図る。強制対流型キャプセルについては燃料棒周りの冷却水の流速および温度を実機と同等の条件に保持する手法を検討し、ドライアウトキャプセルについては試験燃料棒を蒸気雰囲気と保持すると同時に燃料棒出力により被覆管温度を制御する新しい概念のキャプセルの開発を進めている。これらのキャプセルを目的に応じて使い分けることにより、種々の異常過渡事象を模擬した条件で燃料の破損限界を調べることができる。本試験装置は、試験燃料棒の出力を原子炉出力と独立に制御する出力制御設備、軽水炉冷却条件を模擬した水環境調整設備、キャプセルを独立に冷却するための冷却設備などから構成される。

高負荷環境照射試験装置については、高燃焼度燃料の高線出力照射および水化学の高度化に対応できるとともに、限界内圧確認試験などが実施可能なループ型の照射装置の検討を進め、現行軽水炉の高度利用や次世代軽水炉のための燃料および水化学管理手法開発などに活用できる装置とし

* (独)日本原子力研究開発機構 安全研究センター 高度化軽水炉燃材料研究グループ

(カワサキプラントシステムズ(株) 原子力部より出向中)

** 同機構 安全研究センター 高度化軽水炉燃材料研究グループ

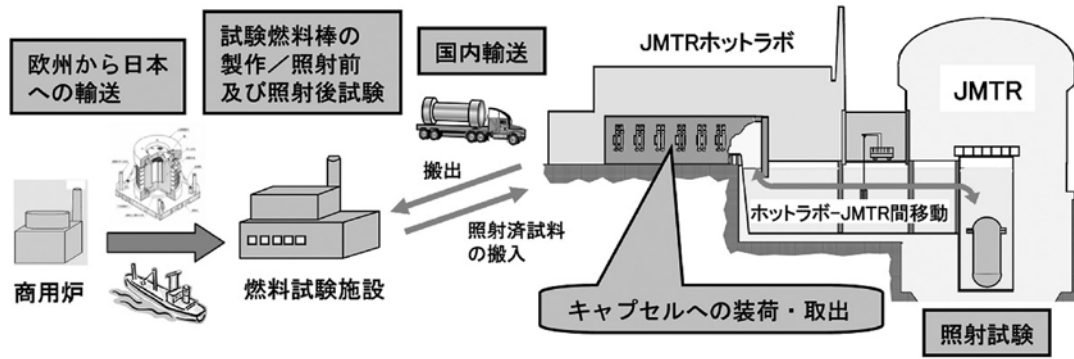


図2 燃料照射試験の流れ

て、整備と活用のための提案を行っている。

以上のような検討を踏まえて、今後国内への導入が予定されている燃料の異常過渡条件での破損限界および破損機構を調べるため、欧州の原子炉で照射された10×10型BWR燃料の出力急昇試験を平成23年度に開始することを計画し、異常過渡試験装置などをJMTRに設置する準備を進めている。また、試験燃料を照射後試験施設などに輸送するための国内外輸送装置、キャプセルに組込むホットセルなどの遮蔽強化および遠隔操作型の燃料棒加工装置についても整備を行っている。燃料照射試験の流れを図2に示す。試験燃料を、海外輸送装置を用いて欧州から東海研究開発センター燃料試験施設（燃試施設）へ搬入した後、JMTR照射用試験燃料棒に加工し、健全性試験などを行った後に国内輸送装置にてJMTRホットラボに輸送する。同施設で試験燃料棒をキャプセルに装荷し、JMTRに移動して異常過渡試験装置にて照射試験を実施する。照射試験終了後は、試験燃料棒を再び燃料試験施設などに輸送し、金相試験、水素分析などの詳細な照射後試験を実施する計画である。

4. 材料照射試験

(1) 目的

高経年化した軽水炉プラントの安全性・信頼性確保を達成目標として、研究の重点化、知識基盤の構築、標準化などが一体化した研究開発を実現するため、高経年化対応技術戦略マップ²⁾がまとめられている。原子力機構では、これに応じて幅

広い安全基盤研究に活用できる照射試験設備をJMTRに整備し、安全規制に不可欠な課題として原子炉压力容器鋼の照射脆化および炉内構造材料などの応力腐食割れ（SCC）に関する照射試験を実施する計画を進めている。試験計画の概要と必要な照射試験装置、および照射試験技術の開発について以下に述べる。

(2) 試験計画

原子炉压力容器鋼の照射脆化では、高照射量領域（ $5 \times 10^{23} \text{n/m}^2$ 以上）での予測・評価の信頼性向上が必要とされている。供用期間中の压力容器鋼材の破壊靱性値は、非照射材での破壊靱性値と温度の関係（破壊靱性曲線）を、監視試験片（シャルピー衝撃試験片）で測定する延性脆性遷移温度（DBTT：材料の破壊様式が延性から脆性に遷移する温度）の中性子照射による高温側への上昇分だけシフトさせ、間接的に評価されている。近年、破壊靱性を直接評価するため、破壊靱性マスターカーブ法の適用性に関する研究が勢力的に進められている。これまでの経験的相関による破壊靱性評価の妥当性を判断するためにも、高照射量領域での試験片の寸法・形状効果、破壊靱性値のシフトおよび破壊靱性曲線の形状に関する試験を行う。このため、不活性ガス雰囲気、1インチ（25.4mm）厚さコンパクトテンション型（1T-CT）破壊靱性試験片の中性子照射を行える照射キャプセルおよび大型照射孔（直径：約120mm、照射速度：約 $5 \times 10^{16} \text{n/m}^2/\text{s}$ （ $E>1\text{MeV}$ ）、 γ 発熱率（Fe相当）：約0.7W/g）を整備する。1T-CT試験片のような大型試験片では、 γ 発熱による温度上

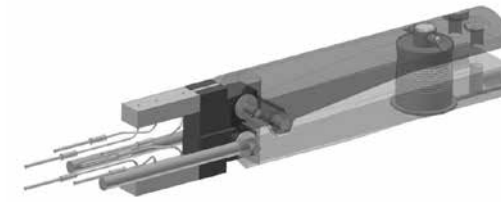


図3 0.5T-CT試験片に対応可能な荷重負荷機構の模式図

昇と温度勾配が問題となるが、有限要素法による温度解析により、試験片のき裂先端近傍では照射温度が $290 \pm 10^\circ\text{C}$ に制御できる見通しを得ている。

炉内構造材料などの照射誘起応力腐食割れ（IASCC）は、主として照射による材料変化を反映する照射後試験（PIE）に基づき評価が行われているが、炉内における実際のIASCCは材料および高温高压水が同時に照射の影響を受ける現象であり、照射下ではIASCCの進展が加速される可能性が指摘されている。これを踏まえ、炉内構造材料の健全性、特に応力腐食割れ（SCC）挙動に与える中性子/ガンマ線照射による水化学の変化などの影響を定量的に評価し、安全規制の高度化に資するため、照射下SCC試験を実施し、PIEデータの妥当性検証を行う。軽水炉では水素添加などによる水質管理により、SCCなどに対する環境緩和策が取られつつあり、水化学に関する課題が注目されている³⁾。そこで、JMTRに、炉水環境を模擬する高温高压水を照射キャプセルに供給できる水環境調整設備を整備し、溶存酸素濃度などの水質条件を制御しながら照射下でのき裂進展試験を実施する。これに必要な要素技術として、き裂進展計測法、腐食電位センサーの開発とラジオリシスコードなどの水質評価技術の高度化を行っている。また、破壊力学的に有効な条件で試験を実施できるようにするため、0.5インチ（12.7mm）厚さコンパクトテンション型（0.5T-CT）試験片に対応可能な荷重負荷機構（図3）の開発を進めている。これまで、テコ方式による荷重負荷により、応力拡大係数が最大 $33\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 程度までの試

験が行えることを有限要素法解析などによって確認し、これを実証するための試作試験を進めている。

5. おわりに

JMTRを活用した照射試験計画を立案し、試験装置の整備を進めている。

燃料照射試験については、軽水炉燃料の健全性に係る照射試験ニーズに応えるために、高度化軽水炉燃料の照射試験計画を具体化し、異常過渡試験および高負荷環境照射試験などについて検討を行い、平成23年度からのBWR燃料の異常過渡試験を実施するための試験設備の整備などを行っている。

材料照射試験については、軽水炉プラントの中性子照射に係る材料照射試験ニーズに応えるために、JMTRを用いた照射脆化およびSCCに関する照射試験を計画し、そのために大型試験片に対応可能な照射孔や、高温高压水を供給可能な照射試験装置の整備を行うとともに、照射下試験・計測技術の高度化を行っている。

これらにより、2030年頃から本格化すると考えられている現行軽水炉の更新までの間の軽水炉燃材料の健全性などに係る照射試験ニーズに応える計画である。

なお、本報告の一部は経済産業省原子力安全・保安院からの委託「軽水炉燃材料詳細健全性調査」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) (社)日本原子力学会，核燃料部会，燃料高度化技術戦略マップ2007-2009（平成20年12月）
- 2) (独)原子力安全基盤機構，技術情報調整委員会，高経年化対応技術戦略マップ2009（平成21年7月）
- 3) (社)日本原子力学会，水化学部会，水化学ロードマップ2009（平成21年6月）

発電機一体型リング水車の開発

Development of Integrated Small Hydropower Equipment

清瀬 弘晃* 栗林 榮一** 長谷川 英樹***
 Hiromitsu Kiyose Eiichi Kuribayashi Hideki Hasegawa

〔概要〕

小水力発電は、CO₂排出が最も少ない再生可能エネルギーであって、地球温暖化の防止に即効性のあるエネルギーであること、また他の新エネルギーに比べ稼働率が高いことから再び見直されてきている。また、太陽光発電や風力発電などの他の新エネルギーに比べ、設備耐用年数が長く、気象条件にも左右されない安定したエネルギー源である。

本報では、川崎重工グループのカワサキプラントシステムズ(株)が川崎重工業(株)と共同で開発した新方式の小水力発電システム、リング水車について紹介をする。

1. はじめに

小水力発電は、CO₂排出が最も少ない再生可能エネルギーであって、地球温暖化の防止に即効性のあるエネルギーであること、また他の新エネルギーに比べ稼働率が高いことから再び見直されてきている。さらに、電気事業者による新エネルギーなどの利用に関する特別措置法(RPS法)では、新エネルギーなどと認定された。

小水力発電の導入場所としては、上下水道施設、小河川、農業用水路、ダム(河川維持放流水・利水放流水)、プラント工場(工業用水)などの身近な水源が注目されており、特に水利権の問題が少ない上水道施設では、水道管路で発生する余剰圧力を用いた小水力発電装置の導入が既に活発である。そこで、川崎重工グループのカワサキプラントシステムズ(株)は、新方式の小水力発電システム、発電機一体型リング水車を川崎重工業(株)と共同で開発した。(写真1参照)

小水力発電装置の導入に対する課題としては、大型の水力発電に比べて、建設コスト、メンテナンスコストが割高なため経済性が低いこと、身近な水源のため既設の狭隘な場所に設置されることが多いためコンパクトな装置が求められることな

どである。さらに居住地の近くに設置される場合もあるので、環境への配慮として静穏性も重要である。

このような背景を下に、約5年をかけて開発し、2009年1月に市場に投入したのが発電機一体型リング水車である。最大の特長は発電機一体型でコンパクトな水車であること、および軸受に水潤滑軸受を採用したことによるオイルレス構造を同時に実現したことである。

当社のリング水車は、次に示すように、従来の水車と比較して、大幅なコンパクト化、低騒音化、日常メンテナンスの軽減化を実現している。



写真1 発電機一体型 リング水車

2. 発電機一体型リング水車の特徴

開発したリング水車は、水流によって回転するインライン型プロペラ水車で、回転翼の外周に永久磁石を埋め込み、発電機を水車の外周にリング状に配置した、つまり、水車と発電機を一体とした点が特徴である。発電機一体型リング水車の概略図を図1に示す。

さらに主な仕様と特徴を以下に紹介する。

2.1. 水車仕様

- (1) 水車形式 インライン型プロペラ水車
- (2) 発電機形式 永久磁石型同期発電機
- (3) 発電機一体型水車 (特許審査請求中)

永久磁石を水車(ランナ)に埋め込むことで水車と発電機を一体構造とし、大幅なコンパクト化を実現した。

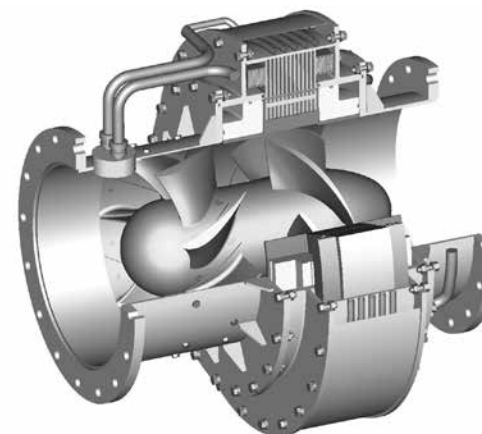


図1 発電機一体型リング水車概略図

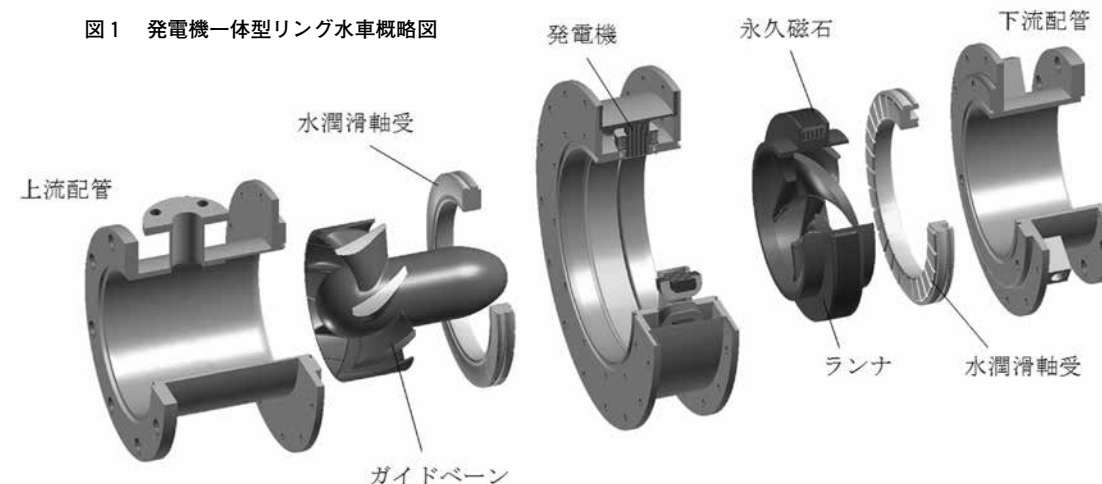


図2 リング水車内部構造

(4) 水潤滑機構 (特許出願済み)

軸受を水車外周に配置することにより軸受部周速を高め、粘性の低い水でも潤滑剤として利用できるようにしている。また、発電に使用している水流(砂などの浮遊物質を含んだ水)でも耐用年数の長い水潤滑軸受を開発したことにより、機構部は潤滑用オイルが一切不要であり、固体接触がないため騒音の発生源のない構造としている。

2.2. 主な特徴

(1) コンパクト設計

図2に示すように水車と発電機を一体の構造にしたため、従来のインライン型水車に比べ、半分以上のサイズである。これまで小水力発電の導入が難しかった既設の狭い配管スペースにも設置が可能で、設置工事も簡単である。また、中心にシャフトを持たないシンプルな構造により部品点数が少なく故障も少ない。

(2) 低騒音

新開発の水潤滑軸受により、騒音がほとんど発生しない。これにより、住宅が近い場所に導入する場合でも、特別な騒音対策は不要である。また、減圧弁の代わりに当社のリング水車を導入すれば、発電によるエネルギー回収と周辺環境への騒音を大幅に低減することができる。

* 川崎重工業(株) 技術開発本部

** カワサキプラントシステムズ(株) 制御システム部

*** 同社 プロジェクト開発総括部

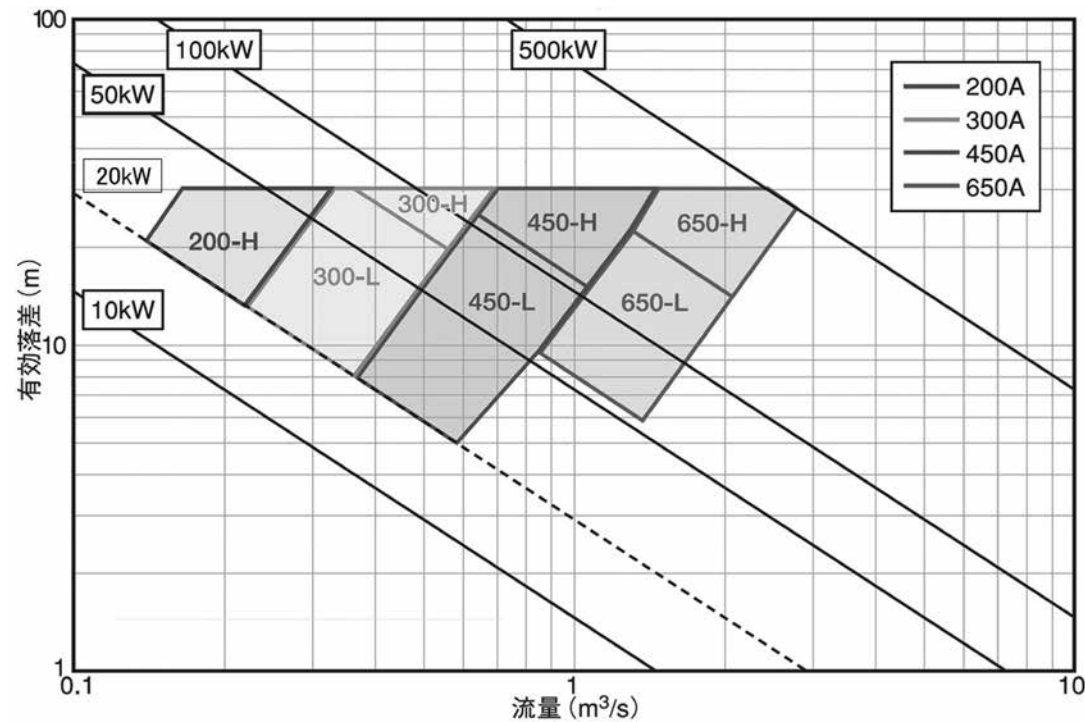


図3 水車選定表

(3) 日常メンテナンスの軽減化

オイルの補充・交換,あるいはメカニカルシール,パッキン,ベルト交換などの日常メンテナンスが不要である。

3. リング水車のラインナップ

図3に示すように口径200mmから650mmまで7機種にシリーズ化している。ラインナップの仕様範囲としては,有効落差(H)は5~30m,流量は,0.14~2.8m³/sである。また,ラインナップ範囲外の仕様であっても,例えば流量が2.8m³/s以上の地点では,2台以上の水車を並列に配置したり,落差が50~60mの地点では2台以上の水車を直列に配置することも可能である。

4. 連系盤の一般仕様

リング水車には制御をつかさどる連系盤が付属される。連系盤の連系電源は電圧過渡数・電圧400V/440V,50/60Hzに対応している。収納機器は運転/トルク指令による運転制御,高効率空間ベクトル制御,発電機センサレス制御が行われる

発電機用インバータと電流歪最小化変調制御,安定した電圧・周波数への変換,系統への自動同期投入が行われる連系用インバータおよび連系用遮断機(MCCB),発電機用,連系用接触器,制御用PLC,監視操作用ディスプレイが標準装備されており,連系保護機能として過電圧検出,不足電圧検出,周波数上昇検出,周波数低下検出,単独運転検出機能(能動,受動)を装備している。

5. 小水力発電実証試験

現在,兵庫県の大川瀬ダムで実証試験を続行中である。リング水車の仕様を表1に,実証試験装置を写真2に示す。実証試験装置は,図4に示すように下流域への水流を流すための放水管(主ゲート)に設けたバイパス配管に設置している。

リング水車で発電された電力は電力制御盤,系統連系盤により系統連系されている。主な操作は系統連系盤または操作室制御タッチパネルにより手動で行っているが,異常時には自動によりインバータを停止させ,発電を止めている。

表1 実証試験リング水車仕様

出力	40kW
落差	8.4m
流量	0.72m³/s
水車径	450mm
発電機外径	895mm
全長	860mm
重量	945kg



写真2 実証試験装置

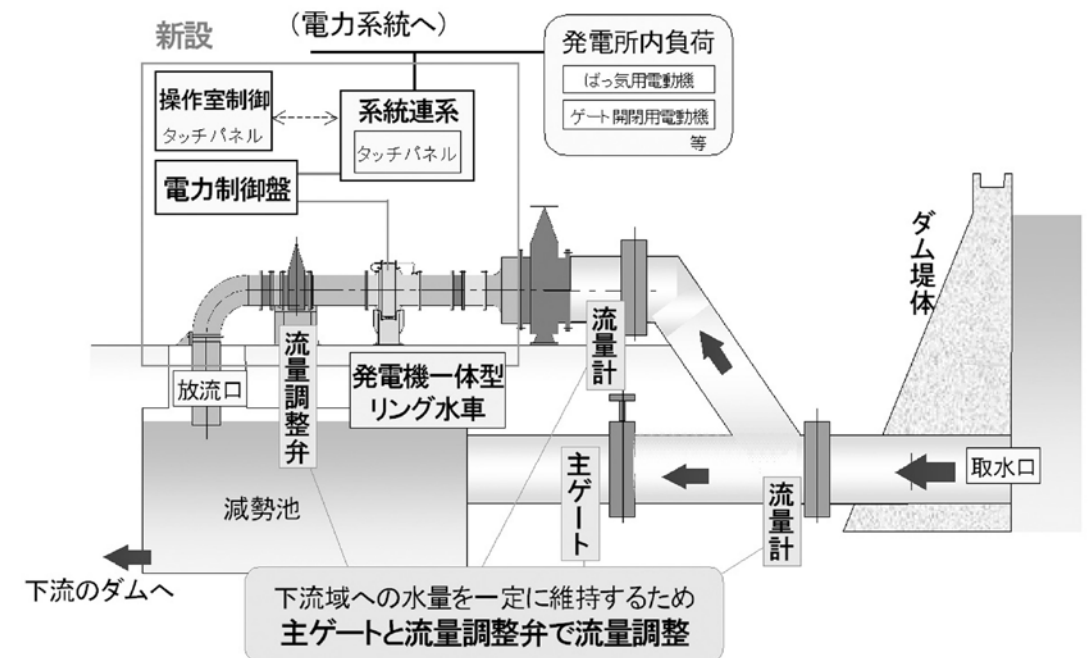


図4 大川瀬ダムにおけるシステム

6. おわりに

川崎重工業(株)およびカワサキプラントシステムズ(株)は,新エネルギーである小水力発電をはじめ,エネルギー,産業インフラ,環境保全技術分野に

において優れた技術,製品を提供して行くことにより,世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献していきたいと考えている。

新もんじゅ 保守作業管理システムの開発 Development of the New Maintenance Management System for MONJU

寺内 誠* 政井 上* 鈴木 信太郎**
Makoto Terauchi Jo Masai Shintaro Suzuki

【概要】

日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉「もんじゅ」(以下、「もんじゅ」)では、プラントの保守作業管理業務における安全性、信頼性のさらなる強化を目的に、現行のクライアント/サーバ方式によるプラント保守作業管理システム(以下、「作業票管理システム」)を刷新。平成21年度よりWeb方式の新作業票管理システムの運用を開始した。

本稿では、新作業票管理システムの特徴や機能について紹介する。

1. はじめに

原子力発電所の保守作業において、安全性、信頼性向上、また、保守作業管理業務の効率化を目指す上で、ITを効果的に適用することは有効な施策の一つといえる。「もんじゅ」では、プラント内における保守作業を確実に実施するために、保守作業に伴う管理業務を支援する「作業票管理システム」の開発に平成5年度より着手し、平成6年度にクライアント/サーバ方式を採用した作業票管理システムの運用を開始し、運用を行いながら部分的な機能の拡充を行い、平成10年度に全体システムの開発を完了させた。引き続き、平成10年度には、設備機器の故障などに伴う点検、保守作業依頼を支援する保守票管理システムの構築、運用を開始した。これらの作業票および保守票管理システムによる業務支援により、保守作業管理業務の大幅な合理化を実現し、業務の効率化に大きく貢献してきた。その後、約10年間の運用を経て、近年の原子力発電所検査制度の改定や、IT技術のめざましい発展を背景に、システムの操作性、信頼性、運用保守性のさらなる向上を目指し、平成20年度より、まず作業票管理システムの刷新に着手。クライアント/サーバ方式から、Web方式への移行を実現し、平成21年9月より新作業票管理システムの運用を開始した。ここでは、新作業票管理システムについて、その概要とシステムが装備する機能について紹介する。

2. 「もんじゅ」における保守作業¹⁾

「もんじゅ」では、プラント設備機器の健全性維持のため、日常の保守点検や自主的に実施する定期的点検を実施している。このような保守点検や、その結果必要となる保守作業に当たっては、作業中の機器の誤操作を防止するとともに、周辺設備に影響を与えないよう、また、連結した系統からの影響によってその作業が妨げられることのないように、当該箇所を周辺設備や系統から隔離(アイソレーション)する安全措置を施し、作業を実施する必要がある。このためには、保守部門、運転部門が、作業箇所と周辺設備・系統との関連性や作業内容を正確に把握するとともに、作業前に安全措置を確実に実施し、作業の着手・終了時期やその間の作業進捗状況などを正確に管理していく必要がある。

「もんじゅ」ではこれらの一連の手続きを確実に実施するために、作業ごとにその内容と隔離管理の必要の有無などを記入した「作業票」を作成し、保守作業の管理を実施している。図1に、作業票を用いた保守作業の流れを示す。プラント内で保守作業が発生した場合、作業内容や箇所を記入した作業票を起票する。起票された作業票は、保守部門から運転部門による作業許可(作業票発効)を経て、保守部門による作業が実施される。

作業時に隔離措置が必要な場合には、保守部門

により隔離対象機器を示した措置票を作成する。隔離操作時には、安全に操作するために、措置票の操作内容を手順化した「アイソレ/キャンセル依頼票」(以下、「依頼票」)を作成し、運転部門が操作を実施する。現場での作業時には、確実にアイソレーションが実施されていることが分かるように、アイソレーション対象機器ごとに“操作禁止札”と呼ばれる、実施中のアイソレーション状態を記載した「札(タグ)」を取付け、保守作業の安全性の確保している。作業完了後、隔離操作の対象機器が正常に復旧、操作禁止札をすべて回収後、作業票による保守作業管理が終了する。

これらの保守作業に伴う管理業務は、従来、帳票や管理台帳などを用いて手作業で実施してきた。また、アイソレーション計画時には、配管系統図による調査や他作業との干渉を確認する必要があるなど、多大な労力と時間を要していた。このような保守作業を安全に、かつ確実に実施するうえでは、ITを効果的に活用することが、業務の合理化には非常に有効な手段の一つであると言える。

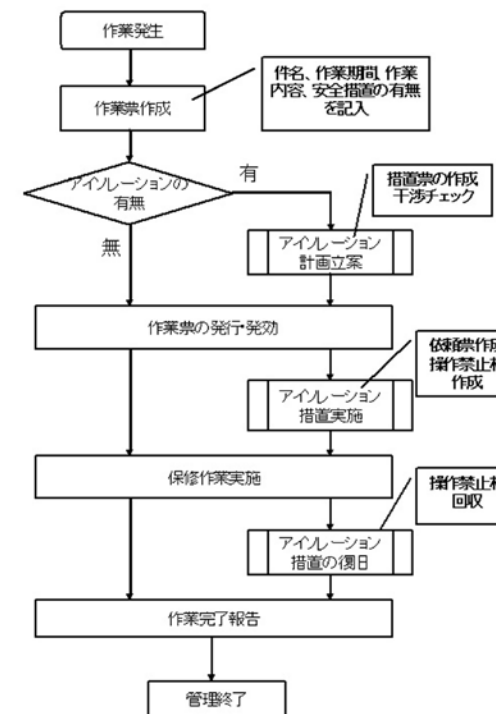


図1 もんじゅ作業票管理業務フロー

3. もんじゅ 保守作業票管理システム

「もんじゅ」では、保守作業管理業務を支援するために、作業票管理システムの開発に平成5年度より着手し、平成10年度に全体システムの開発を完了させ、その後の保守作業管理業務において大幅な合理化を実現し、業務の効率化に大きく貢献してきた。開発当初より操作性の良いグラフィカル・ユーザ・インターフェース(GUI)など最新の技術を採用、開発当初より現状技術で達成可能な最良のシステムを構築することを目標とし、機能改善を続けてきた。その後、約10年間の運用を経て、近年の原子力発電所検査制度の改定や、IT技術のめざましい発展を背景に、システムの操作性、運用保守性のさらなる向上を目指すために、平成20年度よりシステム刷新に着手した。新システムでは、現行のクライアント/サーバ方式の洗練された操作性を継承した上で、信頼性、利便性向上を目指してWeb方式への移行を、平成21年9月より新作業票管理システムの運用を開始した。

以下では、ハードウェア・ソフトウェア構成とシステムの機能について記述する。

3.1. システム構成

本システムの全体構成を図2に示す。もんじゅ所内のネットワーク(LAN)上に展開するイントラシステムである。システム構成として、セキュリティ面や運用管理のしやすさを考慮し、WebサーバとDBサーバの2階層のシステム構成を選択した。

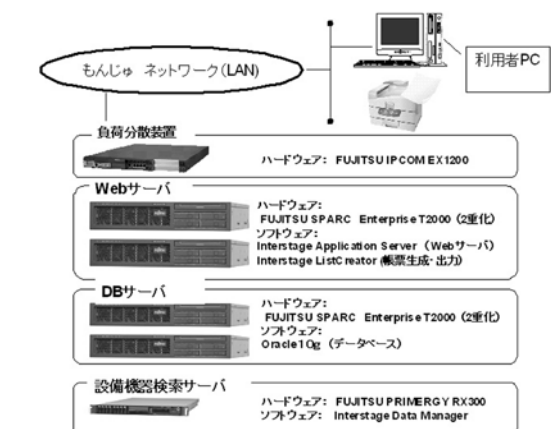


図2 もんじゅ作業票管理システム構成

* 日本原子力研究開発機構 敦賀本部 高速増殖炉研究開発センター 運営管理室

** 富士通(株) 科学システムソリューション統括部

ハードウェア構成として、Webサーバ、およびDBサーバには、高い信頼性と保守性を考慮しUNIXサーバ（富士通SPARC EnterpriseT2000）を採用した。信頼性を向上させるためWebサーバ、DBサーバともに二重化構成とし、Webサーバは負荷分散装置（富士通IPCOM EX1200）により高負荷時のサーバリクエストの効果的な分散、障害発生時の自動異常検知と切替を実現している。また、DBサーバはOracle Data Guardを採用し、運用系・待機系2システムのデータベースの安全な切替を実現した。このような完全な2重化システムとすることで、障害発生時、保守作業時の運用停止を最低限に抑える、運用面において非常に信頼性の高いシステムを選択している。また、操作禁止札の印刷には紐付きのラベルが印刷可能なラベルプリンターを採用している。ソフトウェア構成としては、Webサービスの提供には、Interstage Application Server、帳票印刷機能の提供にはInterstage ListCreatorを採用し、フレームワークや帳票開発ツールを積極的に活用するなど開発の効率化を図っている。データベースソフトウェアとしては、クライアント／サーバ方式の保守票管理システムとデータベースを共存させることを考慮しOracle10gを採用した。また、数十万件におよぶ設備機器情報の検索には、専用の検索サーバとしてPRIMERGY RX100, 同300を導入、検索エンジンとして、大規模情報検索システムなどで実績のあるXML型データベースのInterstage Shunsaku Data Mangerを採用し、高速な検索機能の実現を図った。

3.2. システム機能

作業票管理システムは、作業票の作成・発行から作業完了の手続きを処理する「作業票発行処理機能」、作業実施時の状況管理などの手続きを支援する「作業票管理機能」、アイソレーションの計画立案、操作禁止札の発行を支援する「隔離管理機能」、設備機器に関する仕様や、それに関連する保守情報をさまざまな角度から検索し情報を提供する「機器情報提示機能」の各機能から構成されている。

以下、構成する各機能について説明する。



図3 作業票作成機能画面

3.2.1. 作業票発行処理機能

作業票発行処理機能では、保守部門による作業票の作成から、運転部門による作業許可（発効）、作業完了の手続きをシステム上で実現するものである。また、新作業票管理システムでは、担当者から上司への上覧申請処理や関連部門への回送、上司の承認処理をシステム上で実施する電子業務フロー機能に対応している。

(1) 作業票作成機能

作業票作成機能では、円滑に保守作業を進めていくために、作業者が入力しやすいように作業票の紙帳票と同じイメージの入力インターフェースを採用している。また、過去の同様な作業票から内容を引き継いで作業票を作成する機能も用意している。

(2) 作業票受付、発効、完了機能

保守部門から運転部門への作業許可申請、運転部門による作業許可承認、また、放射線管理区域作業などで関連する室・課の確認が必要な作業においては、関連室・課がシステム上で承認できる電子業務フロー機能である。当然、運転部門の最終作業許可（発効）承認など重要な箇所は承認が完了するまで、次の処理に進むことができない。従来の紙の帳票回送による承認と、システム上の電子承認の二重の確認により、より確実な安全確認を実施することができる。

(3) 年度更新機能

次年度にかかわるような作業の場合、再度同様の作業票を作成し、すでに存在する今年度の作業と同じ上司上覧や関連部門への回送・申請処理を

行う必要がある。多年度にわたる作業件数が多いほど、関係者の労力と時間を必要とする。本機能は、翌年度繰越のための作業票においては、前年度の作業票の情報をシステム上で関連付けることにより、承認処理、回送処理などを引き継ぎ、効率的な年度更新による作業継続を可能とするものである。担当者の管理処理上の負担を軽減することができる。

3.2.2. 作業票管理機能

作業票管理機能では、運転部門が保守作業の開始から終了までの間、作業内容や作業進捗、毎日の作業実施状況や結果の把握などの作業管理を支援するものである。

(1) 作業票進捗状況・実施件名確認機能

進行中の保守作業の進捗状況を運転部門が把握できるようにするため、当日実施されている作業を一覧できる機能である。作業件名、担当者、作業票の状態、アイソレーションの有無のほか、実



図4 作業管理一覧画面



図5 措置票作成画面

施される保守作業が、当日から開始が予定されるものか、以前から継続されているものかなど作業状況を一目で確認することができる。

3.2.3. 隔離管理機能

隔離管理機能は、保守作業におけるアイソレーションにかかわる手続きを支援するものである。設備ごとのアイソレーション内容を記載した措置票の作成、アイソレーションの手順を示した“依頼票”の作成、操作禁止札の発行管理、アイソレーション対象機器の干渉チェックなど、アイソレーション状況の管理を支援する。

(1) 措置票入力機能

保守作業で対象となる設備ごとにアイソレーションの内容を記入した“措置票”を作成する機能である。対象機器に対してアイソレーションをいつ（期間）、どこで、どのように実施するかを計画し登録する。

(2) 依頼票入力機能

保守部門から運転部門へアイソレーションの操作を依頼するために用いる“依頼票”の作成・管理を支援する機能である。アイソレーション実施、一時的にキャンセル（解除）するなどの操作手順を示した“依頼票”を作成することができる。また、操作を依頼する前に後述するアイソレーション干渉チェックが可能となっている。

(3) 操作禁止札、アイソレーション干渉チェック機能

アイソレーション操作の実施・解除において、誤操作を防止するためにアイソレーション対象機器に操作禁止や解除の状態を表示する“操作禁止

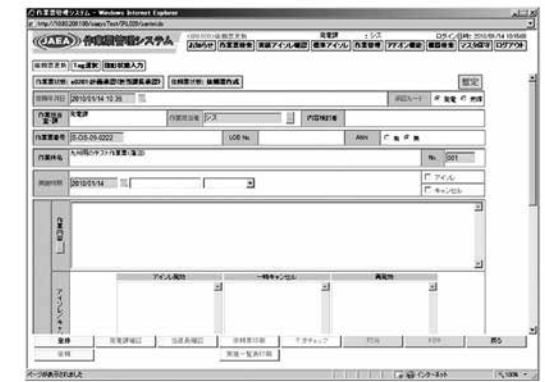


図6 措置票作成画面



図7 紐付き操作禁止札

札”の印刷を行う。この操作禁止札は対象機器に取付けるための“紐付き”の専用札用紙を使用し、紐付き札を連続印刷可能な専用ラベルプリンターで作業票管理システムから印字される。

また、アイソレーション対象機器に対して、他作業のアイソレーションにおいて、“逆”もしくは“重複”した作業が存在しないか確認することができる“アイソレーション干渉チェック機能”を有する。ここで厳格なアイソレーション干渉チェックを実施することで、ヒューマンエラーを防止策のひとつとして機能する。本機能は保守作業における信頼性、安全面確保において重要な機能として利用されている。

(4) アイソレーション状態確認・管理機能

措置票に記入されている各アイソレーション機器に対して、現在のアイソレーション状態、依頼票による操作履歴状況などを確認することができる(図8)。

また、任意の期間内で実施されている保守作業の一覧を表示する。作業件名、担当者、作業票の状態、アイソレーションの管理状況などが一覧で確認することができる。(図9)

3.2.4. 設備機器情報提示機能²⁾

「もんじゅ」を構成する数十万件の設備機器に関連する、機器仕様やシステムに蓄積されている関係する作業にかかわる帳票データをさまざまな条件から検索閲覧することができる機能である。これにより、設備機器ごとのこれまでの作業履歴を、関係する作業票帳票を参照することで確認す



図8 安全措置一覧画面



図9 実績アイソレー一覧画面

ることや、これまでの点検、改造などの保守・補修履歴を作業票帳票や故障データ票で参照することが可能である。故障データ票は、系統別、機器別に故障の発生から不具合原因までを体系的に纏めた帳票で、故障原因分析や点検作業計画に利用可能である。

(1) 機器検索

設備機器の詳細な仕様や、系統などで関連する設備機器の情報、図面データなどを検索、参照することを可能とする。

(2) 保守情報検索

設備機器にかかわる、作業票管理システム上に蓄積されている故障データ票などの作業票関連情報を検索、参照することを可能とする。

4. おわりに

本稿では、「もんじゅ」作業票管理システムの概要について紹介してきた。本システムは平成21



図10 機器検索画面



図11 保守情報検索画面

年9月より運用が開始され、運用当初より「もんじゅ」を安全かつ効率的に運用するための保守業務において必須で中核のシステムとして位置付けられている。今後、既存の作業票管理システムで実現・運用されている、CADと連携し、該当する系統内のアイソレーション対象機器の隔離範囲やアイソレーション状態を配管系統図上に表示する機能の提供³⁾、作業票管理システムの刷新など、保守作業管理システム全体のさらなる高度化を計画している。原子力プラントにおける保守作業業務のさらなる安全性、信頼性向上のために、より進化した原子力保守作業票管理システムの型を目指し、継続的な検討を実施し、より良い改良を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 寺内 誠「プラント保守作業管理システムの開発」原子力eye, vol.45 No.7 pp.57~pp.61 (1999)
- 2) 寺内, 他「もんじゅ設備機器情報システムの開発」原子力学会1995年秋の大会予稿集, B49 (1995)
- 3) 寺内, 他「もんじゅプラント隔離管理システムの開発」原子力学会1998年秋の大会予稿集, F66 (1998)

FAPIGにおける原子力PA活動について

－原子力発電所見学会におけるPA観点よりの成果－

FAPIG's Activities for Public Acceptance of Nuclear Energy － Analytical Results of Questionnaire Executed at Organized Visits to Nuclear Power Stations －

米田正章*
Masaaki Yoneda

〔概要〕

第一原子力産業グループ（FAPIG）では、原子力PA活動の一環として平成元年より毎年10月～12月かけて原子力発電所の見学会を一泊二日で開催している。

見学会の実施にあたっては、グループ各社に呼びかけ、原子力発電所を見学する機会が少なく、また原子力発電の仕組みや放射線・放射能という言葉に馴染みの少ない女性社員を主体として参加を募り運営してきた。

参加者には、実際に原子力発電所の諸施設を自分の目で見る前に、エネルギー全般および原子力の基礎を理解するためのセミナーを受講してもらい、原子力に対する正しい知識を習得することを目的とする見学会としている。

セミナー受講前と発電所見学会後にそれぞれ同じ設問のアンケートを行ない、参加者が見学会を通じて原子力に関しどのような感想を抱き、意見を有しているか、また、それがどのように変化したかを分析した。原子力発電所見学会が、原子力PA活動にどのような意義または成果を与えたかを述べたものである。

1. はじめに

20世紀はエネルギーの大量消費の時代であり、電気を有効活用した豊かな生活を満喫した時代であったが、地球温暖化防止に向けエネルギーの大量消費が見直される時代に変化してきている。平成21年12月には、国連気候変動コペンハーゲン会議（COP15）が開催され、世界規模で対策が討議された。また、一次エネルギーの化石燃料への依存を低減するための有効な手段として再生可能エネルギーのシェアを増やす努力を各国がしている。電力供給源別CO₂の排出量から見ると、太陽光発電や風力発電が脚光を浴びているが、発電容量やコスト面からは、まだまだ必要とする電力を賄うまでには時間がかかり、当面は原子力発電に頼らざるを得ない現実がある。その原子力発電に対する国民の目線には、事故に対する恐怖や廃棄物をどうするのかなどの問題点や疑問点があり、原子力発電所の建設が計画通りに進んでいないのが現状である。そのような問題点や疑問点に答えるた

めには、実際の原子力発電所を見学してもらい、座学による知識を深め、合理的に原子力を捉えてもらうことを目的としての原子力発電所の見学会は有効との思いから、平成元年より毎年実施してきている。ほとんどの見学先を東京電力柏崎刈羽原子力発電所にしていたが、平成19年は、7月に発生した新潟県中越沖地震の影響で、東京電力福島第二原子力発電所に変更した。平成20年には地震から1年を経過して復旧作業が進んでいる柏崎刈羽原子力発電所を見学した。今回も柏崎刈羽原子力発電所の6号機および7号機が試運転を始めている段階および他号機の復旧状況を見学した。当該発電所を見学場所に選んだのは、復旧に取り組んでいる発電所および町の様子を参加者が直接自分の目で見て、地震という自然災害に遭遇しても原子力発電所の安全性が損なわれず、近傍地域にも放射能の影響がなかったことを実感してもらうことがひとつである。他方運転停止中である3号機の通常立ち入ることができない原子炉格納容器内にある色々な設備を目の前で見ることが可能

なためでもある。

参加者のアンケートの感想として、めったに立ち入ることのできない場所に入れて良かったとの記載が多々あり、今回も柏崎刈羽原子力発電所を見学場所に選定したことが間違いでなかったことを確信した。

本編は、昨年10月に実施した見学会を通じて、参加者が原子力発電に対しどのような印象を持ち、また認識を得たかを見学会時に行なったアンケートをもとに纏めたものである。

2. 見学会の概要について

時期 平成21年10月20日～21日

場所 東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所

参加人数 16名（男性：2名、女性：14名）

第1回と第16回の見学場所は東京電力福島第二原子力発電所、第2回は中部電力浜岡原子力発電所であったが、この3回の見学会以外は、今回の18回目を含めて全て柏崎刈羽原子力発電所である。

セミナー会場は、柏崎市内にある東京電力(株)殿の施設である「エネルギーホール」で開催した。参加者のほとんどが原子力に関する知識がないため、原子力発電所を見学するだけでは、ただ見て来ただけの結果となる可能性が高いため、原子力発電所の見学の前に、原子力の基礎知識およびエネルギー全般を勉強すると同時に、参加者自らが放射線に関する特性について測定器具を用いて体験するなどのセミナーを3時間半実施した。セミナーには、東京電力(株)殿から2名の方に講師として来て頂き、原子力およびエネルギー関連全般の講演と放射線を中心とした講演をお願いし、原子力を分かり易く説明して頂いた。発電所内見学については、最初にPR館にて原子力発電設備のいろいろな模型を見ながら機器およびシステムの解説を受けた後、運転停止中の3号機の原子炉格納容器内、タービン発電機および中央制御室などを見学して、発電所内での運転管理がいかに細心の注意を払って行われているかを、参加者に自分の目で実感してもらった。また、発電所の構内をバスで移動し、1号機から7号機までの全てを外観からであるが見学した。

参加者に対してセミナー受講前、セミナー受講



写真1 座学研修



写真2 測定器具を用いた体験学習

後、発電所見学会後の3回に分けてアンケート調査を実施した。設問は択一式と記述式に分かれているが、択一式においてもその理由を記述してもらうようにした。原子力発電の「必要性」および「安全性」については、セミナー受講前と発電所見学会後と同じ内容の設問に対するアンケート調査を実施し、参加者が本見学会を通して認識がどのように変わったかを調査した。

アンケートの実施においては、回答者が自由に遠慮なく記述できるように無記名とした。

アンケートの設問内容は次の通りであり、前述したように設問形式は択一式、記述式があり、択一式にはその理由を記述してもらった。

2.1. 原子力発電所（含むPR館）の見学経験について

[択一式]

①初めて見学した

* (株)荏原製作所 風水力機械カンパニー エネルギー事業統括部

- ②過去にも見学したことがある（場所，時期）
- ③PR館だけは見学したことがある（場所，時期）
- ④火力または水力発電所を見学したことはある（場所，時期）

2.2. 原子力に対する意見を求めたもの

1) セミナー受講前 [択一形式]

- ①原子力発電のしくみを知っているか
- ②現在日本の電力供給源（石油，石炭，水力，LNG，原子力，その他）で，原子力が供給している割合
- ③電力供給源のうち，太陽（光）エネルギー発電の割合

- ④電力供給源のうち，風力発電の割合
- ⑤日本にとって原子力発電は必要だと思うか（理由は記述）
- ⑥日本の原子力発電は安全だと思うか（理由は記述）

2) セミナー終了後 [記述形式]

- ①セミナーの内容について
 - ②セミナーの中で最も関心を持った内容
 - ③セミナーの内容の他に知りたいこと
 - ④セミナー全体の感想（時間，内容，方法）
- 3) 発電所見学後 [択一形式]
- ①日本にとって原子力発電は必要だと思うか（理由は記述）
 - ②日本の原子力発電は安全だと思うか（理由は記述）
 - ③今回の見学に対する意見，感想（記述のみ）

3. アンケート結果について

参加者全員の16名（男性2名，女性14名）からアンケート回答があった。

3.1. 原子力発電所の見学経験

図1に示す通り，4名の参加者が原子力発電所への見学経験があった。残り12名の参加者が原子力発電所の見学経験がない（その内2名はPR館のみ経験している）。

3.2. 電力供給源で原子力が供給している割合

表1に示す通り，原子力の供給割合が30%以上（正解）と回答した参加者が11名，残りの5名も20%以上との回答であった。参加者の供給源に対する原子力の割合について良く理解していると思

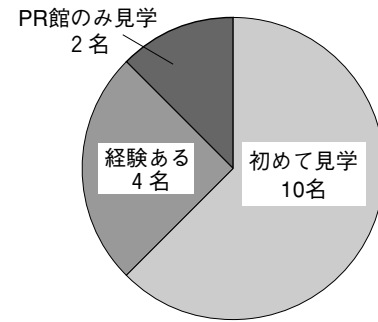


図1 原子力発電所の見学経験

表1 電力供給源の割合

No	原子力	太陽光	風力
1	30%以上	1%未満	1%未満
2	30%以上	1%未満	1%未満
3	30%以上	1%以上	1%未満
4	30%以上	1%未満	5%以上
5	30%以上	1%未満	1%以上
6	30%以上	5%以上	1%以上
7	30%以上	5%以上	10%以上
8	30%以上	5%以上	1%以上
9	30%以上	5%以上	5%以上
10	30%以上	5%以上	10%以上
11	30%以上	10%以上	10%以上
12	20%以上	1%以上	1%以上
13	20%以上	1%以上	1%未満
14	20%以上	1%以上	5%以上
15	20%以上	5%以上	10%以上
16	20%以上	10%以上	10%以上

われる。FAPIG加盟会社の社員の原子力に対する関心度が高いことの現われであると思われる。

3.3. 電力供給源で太陽（光）エネルギーが供給している割合

表1に示す通り，1%未満と正解した参加者が4名おり，正解に近い1%以上と回答した参加者が4名であった。5%以上，10%以上と回答した参加者がそれぞれ6名と2名であり，太陽（光）に対する期待が高いことがうかがわれる結果となっている。

3.4. 電力供給源で風力発電が供給している割合

表1に示す通り，1%未満と正解した参加者が4名おり，正解に近い1%以上と回答した参加者が4名であった。5%以上，10%以上と回答した参加者がそれぞれ3名と5名であり，太陽（光）と同様に，参加者の新エネルギーに対する期待が高いものがあることを表している。

3.5. 原子力発電の必要性

平成10年の見学会以降の傾向であるが，ほとんどの参加者がセミナー受講前において，「必要である」「あった方がよい」と回答している。今回も，表2に示す通り，参加者16名の内，「必要である」「あった方がよい」がそれぞれ7名と8名であった。「あまり必要でない」と回答した参加者は1名のみであった。表3は，セミナーの受講前後の変化の詳細を示したもので，「あまり必要でない」と回答した参加者もセミナーを受講し，発電所を見学した後では，「あった方がよい」と回答している。また，「あった方がよい」と回答した8名の参加者のうち4名が，セミナー受講および発電所見学後では「必要である」と回答している。

原子力発電所の必要性を認識してもらおう一つの手段として，本見学会のような地道なPA活動が必要であると思われる。

セミナー受講前と発電所見学後に参加者が必要性をどのように認識したか，それぞれの理由を次に紹介する。

- ①「必要である」から「必要である」と回答した参加者の理由。
 - ・化石燃料減少は世界的な問題であり，日本は買うことでしか入手困難であるから。→CO₂削減目標達成のためには必要不可欠だと思う。
 - ・資源を持たない日本にとって，化石燃料と比較して少量で発電できる原子力は不可欠。→発電コスト，他の燃料の状況を考えた場合，原子力発電に代わる発電はないため，必要だと思う。
 - ・記載なし。→安定した安価な電力を供給するためには原発が必要であることを再認識させられた。太陽電池や風力，燃料電池ではできない部分を，もう少しアピールして国民への原子力アレルギーを改善していく必要がある。

表2 原子力発電の必要性

	設問	セミナー前	セミナーおよび見学後
1	必要である	7名	9名
2	あった方がよい	8名	7名
3	あまり必要でない	1名	0
4	不要である	0	0

表3 原子力発電の必要性（変化の内訳）

	セミナー前		セミナーおよび見学後	
	設問	回答	設問	回答
1 必要である		7名	必要である あった方がよい あまり必要でない 不要である	5名 2名 0 0
2 あった方がよい		8名	必要である あった方がよい あまり必要でない 不要である	4名 4名 0 0
3 あまり必要でない		1名	必要である あった方がよい あまり必要でない 不要である	0 1名 0 0
4 不要である		0	必要である あった方がよい あまり必要でない 不要である	0 0 0 0

- ・重要な電力供給源だから。→重要な電力供給源，かつ比較的環境に優しく安価だから。
- ・2020年までに25%削減を目指す鳩山政権にとっても，原子力発電は大きく貢献できるし，フランスなどの原子力ノウハウを少しずつ取り入れることで，日本の電力供給における原子力の割合は，もっと増やすことが現実的に不可能ではないと思う。→環境問題に重点をおく今日において，化石燃料を燃やしてエネルギーを得る時代は，そろそろ見直さなくてはならない。原子力についてきちんと理解さえすれば，原子力ほど今後必要とされる発電方法はないし，日本で伸び悩む現状に理解を示すことの方が難しい。
- ②「必要である」から「あった方がよい」と回答した参加者の理由。
 - ・廃棄物の処理の話も聞くが，作り出すエネルギーは，他に比べて多い（と思う）から。→既に日本の電力量の多くを賄っているし，なくなっ

たら困るので。

- ・電力の安定供給のため。CO₂削減のため。→日本の電力需要を満たすためには、燃料資源の入手法、環境対策の面から必要性を感じるし、今現在もなくてはならない電力供給手段となっているから。
- ③「あった方がよい」から「必要である」と回答した参加者の理由。
- ・火力や水力などの発電では不十分だと思うから。→他の発電だけでは不十分である(電力量)と思うから。
- ・記載なし。→水力、火力だけの発電では賄いきれないし、海外からの輸入がないとエネルギーが足りない。原子力発電も必要。
- ・今は必要だと思うが、原子力発電するための資源がなくなったら必要だとは思わない。→資源の再利用をし、効率的に運用しているので、今の日本にとって必要だと思う。
- ・一番安く電力を供給できると聞いているから。→コストの面やCO₂の面から考えても、今後上手に付き合っていく行かなくてはいけない分野だと思う。
- ・まだ他の電力だけでは足りないと思います。→二日間のセミナーで逆にならぬものだと認識が固まりました。
- ④「あった方がよい」から「あった方がよい」と回答した参加者の理由
- ・環境側面ではあった方がよいが、立地の際の住民の理解、発電所の建設に要する時間がかかり過ぎると思う。→記載なし。
- ・今後も増えて行く電力需要を賄うため。→安定したエネルギー確保のため。
- ・再生可能なエネルギー源が電力を安定的に供給できるまでは必要だと思う。→長い間運転して技術を得ているので、そのまま継続して運転すべきだと思った。
- ⑤「あまり必要ではない」から「あった方がよい」と回答した参加者の理由
- ・世界的に減少している中で、それ以上に必要な理由が示されるなら、あっても良いと思う程度。→現在の電力消費量を支えるためには必要。ただし、経済的にも環境的にも、常に最善の策を

探すべき。

3.6. 原子力発電の安全性

原子力発電の安全性は、参加者の意識において必要性和大きな違いがある。1名の参加者を除いて必要性を感じていたが、表4に示す通り、16名の参加者のうち8名の参加者がセミナー受講前に不安感を持っていた。しかも、3名の参加者がセミナー受講・発電所見学後においても不安感を払拭していなかった。しかし、セミナー受講前に「安全だと思う、あまり不安でない」と回答した参加者は8名であったが、見学後には13名の参加者が「安全だと思う、あまり不安でない」と回答した。また、セミナー受講前に「不安である」と回答した参加者の2名は、見学後には「安全だと思う」「あまり不安ではない」と回答している。逆にセミナー受講前に「少し不安」と言っていた参加者6名のうち、3名が発電所の見学後でも「少し不安」と回答した。表5は、セミナーの受講前後の変化の詳細を示したものである。このように、セミナーを受講し、運転をしていなかった原子力発電所であったが、実際発電所を見学して、原子力発電所がいかに安全に留意して管理されているかを自分の目で見て、原子力発電所の安全性に対する認識が違ってきている。

受講前と発電所見学後に参加者が必要性をどのように認識したか、それぞれの理由を次に紹介する。

- ①「安全だと思う」から「安全だと思う」と回答した参加者の理由。
 - ・記載なし。→原子力発電=放射線が危険、というだけでなく、火力発電などでも「安全ではない」ということを解って欲しい。実際、原発は耐震の設計でも十分対応していることが分かったので、われわれにもそれを広める責任が求められる。
- ②「安全だと思う」から「あまり不安ではない」と回答した参加者の理由。
 - ・日本は安全に対する意識が他国と比べて高いため、安全でなかった場合は、原子力発電を行っていないと思う。→放射線自体に対しては、未だ不安があるが、放射線に対しての安全対策が色々されていたから、あまり不安ではない。
- ③「あまり不安でない」から「安全だと思う」と

表4 原子力発電の安全性

	設問	セミナー前	セミナーおよび見学後
1	安全だと思う	2名	6名
2	あまり不安ではない	6名	7名
3	少し不安である	6名	3名
4	不安である	2名	0

表5 原子力発電の安全性(変化の内訳)

	セミナー前		セミナーおよび見学後	
	設問	回答	設問	回答
1	安全だと思う	2名	安全だと思う あまり不安ではない 少し不安である 不安である	1名 1名 0 0
2	あまり不安ではない	6名	安全だと思う あまり不安ではない 少し不安である 不安である	3名 3名 0 0
3	少し不安である	6名	安全だと思う あまり不安ではない 少し不安である 不安である	1名 2名 3名 0
4	不安である	2名	安全だと思う あまり不安ではない 少し不安である 不安である	1名 1名 0 0

回答した参加者の理由。

- ・チェック体制が厳しいから。→セキュリティーに関する法令、基準が厳しいから。
- ・安全に関する技術はかなり進んでいると思うから。→実際に発電所を見学して、また放射線を浴びた濃度も測って、事故があってもその対処方が確立されていたので。
- ・100%安全だとは言いきれない。事故はこれまでも小さいものから比較的大きいものまで起きている。しかし、廃棄物の処理ノウハウは徹底してし、放射能漏れなど人体や環境に影響を及ぼすことは、今の日本の技術面を見てないだろうと思う。→実際に発電の仕組みや構造を目にし、何重もの壁で厳重に容器が守られており、更に今回の地震でもほとんどびくともしなかったと聞いて、設備の頑丈さを再確認できた。
- ④「あまり不安でない」から「あまり不安でない」

と回答した参加者の理由。

- ・きちんと設計、管理されていれば問題ないと思う。ただ、地震が起きた場合、どうなるかということを知らない。→報道で放射能が漏れたなどの不安をあおる話があっても、実際に危険ではなかったなど、世論で騒がれている程危険はないことがわかった。
- ・危険が想定される分、安全構造、管理は徹底されているはずだから。→有事の際に放射能を閉じ込めるため、何重もの工夫がされているから。
- ・しっかり管理されているイメージがあります。→不安が全くないとは言えないが、見学や話を聞いたなかで、考えられる安全対策をしているので、充分だと思いました。
- ⑤「少し不安である」から「安全だと思う」と回答した参加者の理由。
 - ・日本は地震が多い国なので、大きい地震が来た時は不安である。→見学や説明を聞いて、何重にも安全にしてあるのを見たら安全だと思った。
- ⑥「すこし不安である」から「あまり不安でない」と回答した参加者の理由。
 - ・重大事故とまでいかない事故が発生していることや、末端の作業員、機器を供給するメーカーまでが安全性、重要性を深く認識することが必要である。→発電所内は全て管理されている状態であるため。地震で得た教訓を全ての原発で反映されるといいと思う。
 - ・安全対策は最善を尽くしていると思うが、日本の地理的な事情で、地震がいつどこで起こるか分からなく、地震被害は想定不可能だから。→地震対策について、また事故発生時の安全対策について配慮が充分なされていると思う。ただ放射能を扱う発電ゆえ、完璧に安全とは言えないと思います。今後も更に安全のために革新的な技術開発を期待します。
- ⑦「すこし不安である」から「少し不安である」と回答した参加者の理由。
 - ・事故が起きているので。地震などの度にニュースになるので。→不安はあるが、安全なように運転されていることが分かった。
 - ・知識が乏しいが故に不安を感じてしまうのだと思う。→厳重な安全管理がなされていることを

知った上でも、なお分からないことが多すぎるため。

- ・発電については、不安はないが、使用済み燃料の最終処分場が決定していないなど、システム全体が完成していない点に不安を感じる。→発電（炉）には、不安はないが、RIの持ち出しについては、もう少し厳しく管理した方が良いと思う。

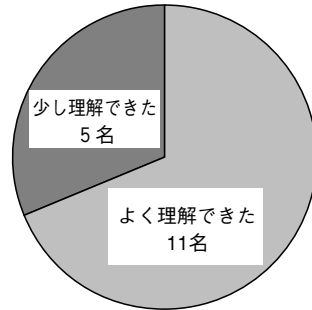


図2 セミナーの理解度について

⑧「不安である」から「安全だと思う」と回答した参加者の理由。

- ・ニュースで事故があるたびに報道されているから。死者が出た事故もあるから。→基準値を上回るような放射線は、ほとんど出てないことが分かったから。

⑨「不安である」から「あまり不安ではない」と回答した参加者の理由。

- ・一つの失敗が、とてつもなく取り返しのでないことに繋がりがそうだから。→怖さを知っているからこそ、注意は十分にしていると思う。ただ怖さを知っているからこそ理解されていない面もあると思われる。今回の見学でとても厳重に注意をしていることが分かり、皆にも知ってもらいたいと思った。

3.7. セミナー全般について

①セミナーの理解度について

図2に示すように、11名の参加者が、よく理解できたと回答しており、残りの5名も少し理解できたと回答している。ほとんどの参加者が原子力の知見が少ないにもかかわらず、上記の回答であったことは、お二人の講師が平易な言葉を使用し、理解しやすく講演をして頂いた結果であったと思われる。また、放射線の実態を良く理解してもらうために、誰でも操作できる計器を使用して放射線を測定してもらった。このことも参加者が理解度を増すうえで役立ったと思われる。

②セミナーの中で最も関心を持った内容

参加者が関心をもった項目は、下記のように放射線に関することが多かった。怖いというイメージで捉えていた放射線を、例をあげて説明し、放射線は身近なものであるという認識が参加者の頭の中に強く残ったことだと推測される。

- ・日常的な放射線量について（8名）

- ・放射線について
 - ・工業や農業でも放射線が使われていること。（2名）
 - ・実際に起きた事故により漏れ出た放射線量が自然に受けている量より非常に少ないということ。考えていたよりも多い影響量の放射線を日常的に受けているということと、事故による影響が小さいということが分かり驚いた。
 - ・世界各国の原子力発電への取り組みと新設計画
 - ・原子力発電について（全体）
 - ・原子炉の詳しい構造
 - ・青森六ヶ所の再処理工場、中間貯蔵場について
- 本セミナーでは、講師の方に放射線測定用機器をセミナー会場に持ち込んで頂き、参加者全員がその機器を実際に操作する機会を得た。このことにより放射線を実感として捉えてもらい、参加者全員が楽しくセミナーを受講でき、理解し難い放射線と放射能の言葉の違いを始めとする講義内容の理解度を深めることに役立ったと思われる。ほとんど原子力の予備知識のない参加者に、パワーポイント・パンフレット・測定機器などを用いて、原子力を理解してもらうように準備し、講演をして頂いた東京電力(株)の講師の方々に感謝する次第である。

4. おわりに

原子力発電所見学会も今回で18回目となった。本見学会を通じて参加者の原子力発電所に対する必要性および安全性の意識が、どのように変化したかを知ることは、主催者側の重要な目的の一つであり興味深いところである。原子力発電の必要

性においては、毎回見学会に参加する前から必要性を認識する意見が多かった。今回は参加者16名のうち15名が必要性を認識していた。一方、安全性においては、毎回見学会に参加する前には多くの参加者が不安感を持って参加しているが、今回も16名のうち8名が不安感を持って見学会に参加した。

過去に実施した見学会のアンケートでは、不安の要因として事故や不祥事が記載されていたが、今回は地震国であるが故の不安感が散見された。中越沖地震の際のテレビ放映で柏崎刈羽原子力発電所の3号機原子炉建屋脇に設置されている変圧器で火災が発生し、黒煙が上がっている様子が延々とテレビ画面に映っており、その記憶が参加者の中に残っているのか、放射能漏れには全く関係がないにもかかわらず、やはり原子力発電所は怖いというイメージができ上がってしまったのかと思われる。上記アンケートの結果報告にも記載されているが、セミナーを受講し、発電所を見学した後でも、3名の参加者は不安感を拭い去ることはできなかった。

しかし、大多数の参加者がセミナーを受講し発電所を見学した後には、安心感を有するようにな

っていることは、このような地道なPA活動を実施することの有効性を示すものであると思われる。

最後にあたり、原子力発電所見学会の実施に際してお世話になった東京電力株式会社殿にこの紙面を借りてお礼を申し上げると共に、FAPIG広報委員会の方々、ならびに見学会に参加者を派遣して頂いたFAPIG加盟各社のご協力に感謝を申し上げます次第である。



写真3 格納容器出入口にて



写真4 発電所内展望台にて

FAPIG の 機 構 (社名 ABC順)

(平成22年2月1日現在)

理 事 会・委 員 会・専 門 部 会・事 務 局

会 長 伊 藤 晴 夫 富士電機ホールディングス社長 理 事 河 野 雅 明 みずほコーポレート銀行常務執行役員
副 会 長 林 敏 和 カワサキプラントシステムズ社長 〃 真 木 浩 之 清水建設専務執行役員
〃 兼 松 弘 双日専務執行役員

監 事 菅 原 正 幸 みずほコーポレート銀行営業第十部次長

理 事 小 笠 原 保 雄 荏原製作所常務執行役員
〃 白 倉 三 徳 富士電機システムズ社長 事 務 局 長 溝 口 忠 雄
〃 広 西 光 一 富士通副社長
〃 佐 藤 哲 哉 古河電気工業取締役
〃 中 村 晋 古河機械金属取締役

FAPIG委員会および専門部会

(◎は委員長または部会長, ○は副委員長または副部会長)

企画委員会 (13名)

◎ 白 川 正 広 (富士電機システムズ)
三 沢 秀 行 (荏原製作所)
藤 沢 盛 夫 (富士電機システムズ)
竹 石 均 (〃)
國 澤 有 通 (富 士 通)
柴 田 光 義 (古河電気工業)
松 本 敏 雄 (古河機械金属)
山 崎 誠 一 郎 (カワキファントシステムズ)
吉 田 亨 (みずほコーポレート銀行)
吉 澤 顕 (双 日)
石 黒 修 司 (双 日)
加 納 茂 和 (清 水 建 設)
溝 口 忠 雄 (事 務 局)
オ ブ ザ ー バ ー
阿 部 修 一 (原 燃 工)

広報委員会 (9名)

◎ 溝 口 忠 雄 (事 務 局)
米 田 正 章 (荏原製作所)
三 木 俊 也 (富士電機システムズ)
植 木 亮 (富 士 通)
岩 間 和 義 (古河機械金属)
湯 原 貴 浩 (カワキファントシステムズ)
山 本 晴 彦 (みずほコーポレート銀行)
村 野 博 一 (双 日)
酒 井 喜 則 (清 水 建 設)

原子力情勢調査部会 (6名)

◎ 村 野 博 一 (双 日)
○ 尾 崎 博 (富士電機システムズ)
組 田 泰 男 (荏原製作所)
三 澤 真 (富 士 通)
湯 原 貴 浩 (カワキファントシステムズ)
長 浜 哲 志 (清 水 建 設)

高温ガス炉プロジェクト部会 (6名)

◎ 岡 本 太 志 (富士電機システムズ)
○ 中 村 志 郎 (双 日)
大 橋 一 孝 (富士電機システムズ)
前 川 勇 (カワキファントシステムズ)
斎 藤 正 直 (清 水 建 設)
オ ブ ザ ー バ ー
加 藤 茂 (原 燃 工)

廃止措置プロジェクト部会 (6名)

◎ 武 伸 五 月 (カワキファントシステムズ)
○ 見 上 寿 (富士電機システムズ)
荒 井 正 幸 (荏原製作所)
高 橋 康 一 (富 士 通)
沢 本 雅 弘 (双 日)
鳥 居 和 敬 (清 水 建 設)

核燃料サイクル調査研究部会 (7名)

◎ 山 崎 誠 一 郎 (カワキファントシステムズ)
○ 藤 沢 盛 夫 (富士電機システムズ)
石 山 祐 二 (荏原製作所)
蓮 沼 潤 一 (富 士 通)
井 上 桂 一 (双 日)
沢 本 雅 弘 (〃)
加 納 茂 和 (清 水 建 設)

品質保証部会 (8名)

◎ 高 橋 正 昭 (富士電機システムズ)
○ 斉 藤 利 二 (カワキファントシステムズ)
新 田 和 彦 (富士電機システムズ)
竹 山 敏 (荏原製作所)
江 口 健 二 (富 士 通)
有 本 徹 (古河電気工業)
石 黒 修 司 (双 日)
中 村 誠 (清 水 建 設)

事 務 局

局 長 溝 口 忠 雄

Daisuke Inui, Tomoya Nunomiya, Osamu Hatakeyama, Akihito Hora, Takeshi Ishikura

Development of Survey Meter Series

FAPIG No. 180 pp.9~14 (2010)

Three types of radiation survey meter going on sale by Fuji Electric Co. recently are introduced in this article. Neutron survey meter has been reduced the weight down to a quarter due to development of mixed organic gas detector without moderator. Wide energy range survey meter has been made possible to measure X-ray which energy is 8keV or more by using a thinned window of the detector and G function. Semiconductor survey meter, for surface contamination measurement of alpha and beta rays, has reduced in size and weight and it's uniformity of detection efficiency has improved by using silicon semiconductor sensors instead of a previous model.

KEYWORDS : survey meter, neutron survey meter, light weight neutron survey meter, wide energy range survey meter, g- function, contamination survey meter, silicon semiconductor sensor, efficiency

Masayuki Konno

Replacement Circuit Breakers by Retrofitting of 7.2kV 63 kA TCB to VCB Development

FAPIG No. 180 pp.15~20 (2010)

Fuji Electric has maintained the facility of 6.9kV metal-clad switchgear at Tokai-II Power Station, through periodic inspections since the first operation. Responding to the fact that the maintenance parts of the circuit breaker are becoming exhaustive, we developed two types of vacuum circuit breakers in order to promote the replace for minimal oil circuit breakers (TCB). This paper presents the development process and outline of the retrofitting VCB.

KEYWORDS : vacuum circuit breaker, VCB, metal-clad switchgear, TCB

FAPIG No.180
平成22年 2月22日印刷

平成21年度 第2号
平成22年 2月26日発行 (非売品)

発行所 第一原子力産業グループ事務局
〒107-8655 東京都港区赤坂6丁目1-20
双日(株)内

電話 (03) 5520-4911

ホームページ: <http://www.fapig.com/>

編集兼発行人 溝口忠雄

印刷所 ミズノブリテック(株)
〒104-0042 東京都中央区入船2-9-2
電話 (03) 5566-6677(代)

Hideo Ise, Jin Ogiyanagi, Jinichi Nakamura, Hideo Sasajima, Akira Takasa,
Satoshi Hanawa, Yoshihiko Kawaguchi, Yasuhiro Chimi, Yutaka Nishiyama, Takehiko Nakamura

Fuels and Materials Irradiation Test Plan at JMTR

FAPIG No. 180 pp.22~25 (2010)

Refurbishment of Japan Materials Testing Reactor (JMTR) is conducted in Japan Atomic Energy Agency (JAEA) in order to solve irradiation related issues for safe long-term operation of current light water reactors (LWRs) and development of advanced LWRs. JMTR will restart its operation in FY 2011. Manufacturing and installation of the irradiation test facilities on safety research of fuels and materials are also in progress. The outline of the fuels and materials irradiation test plan is described in this report.

KEYWORDS : light water reactor, nuclear fuels, nuclear materials, fracture toughness, stress corrosion cracking, irradiation technology, JMTR



Hiromitsu Kiyose, Eiichi Kuribayashi, Hideki Hasegawa

Development of Integrated Small Hydropower Equipment

FAPIG No. 180 pp.26～29 (2010)

Small hydropower is renewable energy that generates power from unexplored hydraulic energy, and does not discharge carbon dioxide.

Kawasaki Plant Systems' integrated hydroturbine incorporating a generator is of compact construction less than half the size of a conventional hydroturbine for small hydropower generation. This hydroturbine employs a water-lubricated bearing that is totally oil free, thus realizing environment friendly, clean power generation with no noise, vibration.

Kawasaki Plant Systems provide a lineup of integrated hydroturbine models ranging from 20 to 500 kW.

KEYWORDS : compact construction, water-lubricated bearing, no noise, vibration

Makoto Terauchi, Jo Masai, Shintaro Suzuki

Development of the New Maintenance Management System for MONJU

FAPIG No. 180 pp.30～35 (2010)

Prototype fast breeder reactor in Japan Atomic Energy Agency "MONJU", the aim of strengthening the safety and reliability of maintenance management, maintenance management system from client-server system of updating the Web system. Fiscal 2008 the Web system started a new maintenance management systems approach. In this paper, we introduce the features and functions of the new maintenance management system.

KEYWORDS : MONJU, fast breeder reactor, maintenance management system, maintenance, Japan Atomic Energy Agency

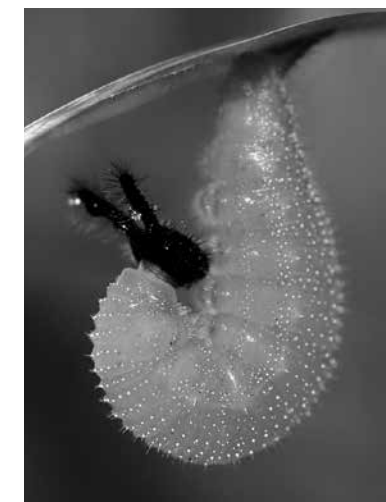


成虫：2008年10月5日 撮影

「親と仔」



幼虫：2008年9月10日 撮影



前蛹：2008年9月19日 撮影

「クロコノマチヨウ」の成虫と幼虫です。
暖地に生息する蝶で、成虫で越冬します。
暖冬続きの1990年を境に神奈川県内でも、
成虫と幼虫の姿が見られる様になりました。
昆虫の足は3対ですが、前足は短く2対に見えます。
幼虫の顔はとても可愛らしく子供達の間ではバイキンマンと呼ばれ、
アンパンマンの仲間入りしているようです。
撮影地は横浜市瀬谷市民の森です。

作者プロフィール

中嶋文彦 Fumihiko Nakajima

富士電機システムズOB（2004年定年退職）、1944年神奈川県生まれ。

1962年入社（当時は富士電機製造）、1975年からは原子力事業関連業務に従事、放射線モニタ、東海発電所の電気計測・制御設備関係の業務に従事。2004年1月定年退職。

主な活動履歴

中学生のころから写真機と写真に興味。写真制作のすべてをこなす。

富士電機製造入社とともに川崎工場写真部に入部して活動。1989年には神奈川県報道写真連盟（神報連）に入会、現在副理事長に就任中。

最近の神報連では2001年「神奈川新聞社賞」、2005年「推薦」などを受賞、神奈川新聞紙面掲載実績は数十件に上る。他にも、電機労連フォトコンテストなど多数の受賞歴を持つ。

第一原子力産業グループ

The **F**irst **A**tomic **P**ower **I**ndustry **G**roup

株式会社荏原製作所

富士電機ホールディングス株式会社

富士電機システムズ株式会社

富士通株式会社

古河機械金属株式会社

古河電気工業株式会社

川崎重工業株式会社

カワサキプラントシステムズ株式会社

株式会社神戸製鋼所

みずほコーポレート銀行

清水建設株式会社

双日株式会社