

原子力の安全規制の最適化に関する研究会

第5次海外調査報告書

(ドイツ・ベルギー)

(訪問期間2008年9月22日(月)～9月26日(金))

2008年10月

日本機械学会 第5次海外調査団

総括

「技術立国」。忘れかけていたこの言葉を調査団員の一人が口にした。ドイツの検査実務を担っている TUEV の説明を聞いた後である。

TUEV は 1 発電所あたり年間 1000 件の検査を実施している。そしてその半分は原子炉停止中である。それでも Isar 原子力発電所の 2 号機の稼働率は 95%と 97%の間を行き来してる。TUEV の検査は非常に木目が細かいが、事業者の検査を観察する作業が主体である。検査の要領書は事前に入手し理解しており、TUEV の観察活動は事業者にとって特に負担とはなっていないという。高い技術力に裏打ちされた観察が有効に機能していると感じられた。そして定期点検中は 24 時間体制で事業者の検査を観察する。24 時間の検査体制はベルギーの規制担当機関である BEL-V でも採用している。BEL-V は新しい組織であるが、職員の殆どは、以前 AVN にて規制検査を担当していた人達である。

TUEV も BEL-V もの規制当局から委託を受けて検査業務を実施しており、専門的な第 3 者機関を活用することにより効果的な規制が実施されていると感じた。

ベルギーは米国の規制を基本的に採用しているという。一方、ドイツは細かな規制でありわが国と似ている。両国とも原子力に対する厳しい政治状況にも係わらず、良好な稼働率を達成しつつ、効率的な規制を実施していると考えられる。合理的かつ効率的な規制を実施するためには規制の枠組みだけでなく、その枠組みを運用するための優秀な人材も重要であり、両国とも人材の育成に腐心している。

今回訪問したドイツとベルギーは、言語や体制の複雑さのために、訪問先機関の活動概要の把握から始まる場合が多くなった。また、ドイツは IAEA の IRRS を受けた直後であり、BEL-V も組織が新たに設立されて間がなく、多忙な状況での訪問となった。しかし、当方の質問にできる限り対応し、時間を延長して回答してくれた。これは基本的に先方の厚意によるものであるが、当方の調査団が規制機関、大学、電力事業者、メーカーと学際的であり日本の原子力界を代表する殆どの組織の代表者から構成されているということが主因と考えられる。そして、予期しない発見や新知見をこれらの組織の代表者が共通に獲得することが出来た。

今回訪問した Isar 原子力発電所と Doel 原子力発電所は、古いプラントを有しており、これらは政治的な理由から定められた運転期限が迫っている。しかし最新の技術を積極的に取り入れ、古いプラントでも十分な安全性を有していることを実証するための努力をしていた。

情報公開が進みインターネットが発達した現在、日本に居ても非常に多くの情報を得ることが可能である。しかし現地へ赴き当事者から直接聞くことにより、インターネットでは得られない、詳細かつ具体的な情報が得られる。合理的な規制を実現し維持してゆくためには、様々な視点からの調査検討が必要であり、今後ともこのような学際的な訪問調査を継続して行くことが大切と考えられる。

【提言】

今回の調査結果より、訪欧調査団は以下を提言する。

<安全重視の取組み>

- ・ 規制者と事業者の双方が、お互いの立場を重視しつつ、緊張感と信頼感を持って安全性向上という共通の目標に向かってより一層努力することが望まれる。
- ・ 事業者は、技術や課題の進展により一層積極的に対応し、品質保証活動等を通じて確実な保安活動を目指すべきであるが、形式にとらわれるのではなく、本質をついた保安活動により安全性向上、安全文化の醸成に努力すべきである。
- ・ 規制者は本質をついた事業者の保安活動を促すべきである。このためには、規制検査において、真に安全上重要な保安活動等を確認できるように、検査ポイントの整理、フリーアクセスを利用した効果的な検査方法の検討等、検査機関としての実力を高めるべきである。
- ・ 古いプラントであれば尚更、最新の技術を取り入れる等、今後も継続的に安全性向上に取り組んでいくことが重要である。

<技術力の向上>

- ・ 合理的な規制を実現するために、規制の枠組みを合理的なものとするだけでなく、その枠組みの中で活動する人材の技術力向上にも一層努めるべきである。
- ・ 技術力の有効な活用の一環として、原子力に係わる専門家や専門機関の一層の活用が望まれる
- ・ 米国の状況を参考とする場合が多いが、我が国と規制体系の似た欧州における様々な工夫にも一層注目すべきである。

<規制者と事業者の協調と独自性>

- ・ 規制検査においては、事業者の運営方法に柔軟に対応出来るような規制者の配慮（例えば 24 時間の検査体制）など、全体としてより合理的に進められることが望まれる。
- ・ 規制者が立会っている検査において故障等が発見された場合に、事業者は予め定められた品質保証手順に従って対応し、規制者は事業者の措置の適切性を観察し確認することが望まれる。
- ・ 規制者は、事業者の活動に極力支障をきたさないように、より一層の観察重視型の検査やフリーアクセスの活用等を検討し、事業者の活動の適切性を独自の立場から確認するべきである。
- ・ 事業者の検査の適切性を規制者が観察し独自に確認する姿勢が、安全文化の向上に役立つということを、規制者と事業者がより一層認識することが望まれる。

<調査の継続>

- ・ わが国において合理的な規制を実現し継続してゆくために、今後とも学際的な訪問調査を継続することが望まれる

以 上

目次

総括	i
提言	ii
I.調査概要	I - 1
1. 趣旨	I - 1
2. 主催	I - 1
3. 日程	I - 1
4. 訪問機関	I - 1
5. 参加者	I - 1
6. 調査方法	I - 2
7. 調査結果概要	I - 2
7.1 Isar 原子力発電所	I - 2
7.2 バイエルン州政府および TUEV-SUED	I - 2
7.3 GRS	I - 3
7.4 BEL-V	I - 3
7.5 Doel 原子力発電所	I - 4
表-1 日程と議事項目	I - 5
表-2 参加者名簿	I - 6
写真-1 Isar 原子力発電所にて	I - 7
II.議事録	
1. Isar 原子力発電所 (9月22日午前)	II - 1
2. Isar 原子力発電所 (9月22日午後)	II - 5
3. バイエルン州政府および TUEV-SUED (9月23日午前)	II -12
4. GRS (9月24日午前)	II -24
5. BEL-V (9月25日午前)	II -35
6. BEL-V (9月25日午後)	II -46
7. Doel 原子力発電所 (9月26日)	II -54
III. 添付資料	
IV. 受領資料リスト	
V. 事前勉強会資料	

I. 調査概要

1. 趣旨

日本機械学会動力エネルギーシステム部門は、2005年3月に「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」を設置した。この会は、産官学の関係者が一堂に会し原子力の安全規制に関する最新の知見を調査・検討し、今後の安全規制の高度化に資することを目的としたものである。本調査は、欧米諸国の保守点検や規制に関する調査の一環として、ドイツおよびベルギーにおける規制機関の規制・検査活動およびそれに対する事業者の取り組みを訪問調査したものである。

ドイツでは世界一の単機年間発電量を誇っている Isar 原子力発電所を訪問すると共にこの発電所に対する規制当局であるバイエルン州政府及び検査実務を担当している TUEV-SUED とも会談した。また、ドイツの原子力安全に関する諮問機関である GRS を訪問した。

ベルギーでは第3回目の PSR 報告書を提出した Doel 原子力発電所と規制実務を担当している BEL-V を訪問した。

なお、本調査は2006年1月の訪欧調査（フィンランド、フランス）、同年7月の訪米調査（NRC 本部等）、2007年1月～2月の訪欧調査（スイス、スウェーデン）、同年10月の訪米調査（NRC 地方局等）に引き続くものである。

2. 主催

日本機械学会 規制最適化作業部会

3. 日程

2008年9月22日（月）～9月26日（金）（5日間）。 詳細は表-1 日程表参照。

4. 訪問機関

<ドイツ>

GRS

TUEV-SUED（バイエルン州原子力規制担当者も同席）

Isar 原子力発電所（AREVA 技術者も同席）

<ベルギー>

VEL-V

Doel 原子力発電所

5. 参加者

水町渉団長（原子力安全基盤機構技術参与）ほか総勢23名。詳細は表-2 参加者名簿参照。なお、水町団長は旅程途中で急用のために日本に呼び戻されたため3日目からは岡本副団長が団長代理として調査団を率いた。 Isar 原子力発電所での全員写真を写真-1 に示す。

6. 調査方法

調査は、当方から説明依頼項目を訪問先に送付し、具体的な議事次第は先方に一任する方式とした。そして先方の説明を受けた後に、質疑応答により詳細を適宜確認することとした。

7. 訪問調査概要

訪問調査の概要を日程順に以下に示す。個々の議事内容の詳細は「Ⅱ. 議事録」を参照されたい。また、説明で用いられた資料は「Ⅲ添付資料」に示す。

7.1 Isar 原子力発電所（9月22日）

Isar原子力発電所を訪問し発電所の概要とドイツでの原子力に関わる政治状況等の説明と質疑応答の後、発電所を見学した。また AREVA の技術者から保守作業等に関わる技術的な説明と質疑応答が行われた。特に印象の強かった事項を以下に示す。

- Isar 1号機は運転開始以降 30年にわたり改造・取替を推進しており、その費用は建設時の費用と同程度に達する。このプラントは 2011年に運転停止することが政治的に取り決められているが、改善・取替の努力は現在も続けられている。
- Isar2号機は 1994年以降 1996年まで、1995年を除き総年間発電電力量世界一を達成している。このプラントは運転中も格納容器内に立ち入り可能であり、定期点検に入る前にポーラクレーンの点検が可能である。なお、Isar 2号機は AREVA（当時の KWU）製の KONVOI タイプのプラントであり、EPR のモデルとなったタイプである。
- ドイツでは風力発電による電力の買い取り義務が電力会社に課せられており、風力発電量が多い時期には原子力発電の出力を低下させる場合もある
- ドイツでは電力自由化の後、各電力会社が予備力を保持する必要がなくなった。このため電力が不足した場合には市場から電力を購入する。計画外の電力購入は非常に高つくため、定期点検を十分に行い原子力発電所の計画外停止を避けることが、定期点検の日数削減よりも重要となっている。なお、定期点検のための停止は 21日程度である。

7.2 TUEV-SUED（9月23日）

TUEV-SUED の本部にて、TUEV-SUED の組織と活動の概要、バイエルン州政府による原子力規制とそれを支援する TUEV-SUED の審査および検査活動等について説明と質疑応答が行われた。特に印象の強かった事項を以下に示す。

- TUEV-SUED は世界約 600ヶ所に拠点を置き、従業員総数は 13,000名の大きな組織であり、試験・検査だけでなく、コンサルタントや認証サービス等も実施しており、例えば韓国でトラブルを起こした蒸気発生器の再使用の評価も実施している。
- バイエルン州では、原子力の規制業務を州の環境省の原子力エネルギー放射線防護課が担当しており、ここには 40名の専門家がいる。
- バイエルン州は年間契約ベースで TUEV-SUED に規制実務（検査）を委託している
- TUEV-SUED が担当する検査項目は原子力プラント 1基当たり年間 1,000項目であるが、内 500項目は燃料交換時しか検査できない。検査の殆どは監査型であり、専門職が立会うこ

とにより、検査で以上が発見された場合に即応出来るようにしている。

- ・ 通常運転時では 2～3 名、燃料交換時検査時には 20～30 名の TUEV-SUED の検査員が発電所に滞在する。燃料交換停止時は土日も含め 24 時間体制で事業者の検査に対応する。
- ・ ドイツでは規制側がかなり細かくチェックしており、米国とは異なる。

7.3 GRS（9月24日）

GRS の概要と活動、ドイツにおける基本安全要求制定活動、更に最近のトピックスとしてデジタル制御に対する安全審査の考え方等の説明と質疑応答が行われた。また、先方の要望により、当研究会の活動を説明すると共に、日本における PI の活用等につき紹介した。特に印象の強かった事項を以下に示す。

- ・ GRS にはその子会社と合わせて技術スタッフは約 320 人おり、半数は博士号取得者である。
- ・ ドイツでは原子力発電所に対する安全要求事項の再編成を実施中である。これは過去に出された指針をベースに IAEA のガイド等を反映させたもので、基本的安全要求や安全マネジメントに関する要求等、12 のモジュールから構成される。現在、基本的安全要求のドラフト C について各州の規制当局と審議中である。
- ・ ドイツはデジタル制御系の導入に対しては共通要因故障の観点から非常に慎重である

7.4 BEL-V（9月25日）

BEL-V の組織概要や検査活動、検査員訓練、10 年毎の安全レビュー等につき説明を受け、質疑応答を行った。また、当研究会の活動を説明すると共に、日本における PI の活用等につき紹介した。特に印象の強かった事項を以下に示す。

- ・ BEL-V は 2008 年 4 月に AVN から分離して出来た非常に新しい組織である。
- ・ ベルギーでの原子力発電所に対する規制実務は BEL-V が、連邦原子力管理庁（FANC）の付託を受けて実施している。
- ・ BEL-V は技術スタッフが 40 人弱の小さな組織であり、ベルギーの原子力発電所 2 サイト 7 基の安全審査や検査を実施している。このため、技術的事項は米国 NRC の規制内容を取り入れることにより人数の少なさをカバーしている。
- ・ BEL-V では、専門分野毎に技術責任センター（TRC：Technical Responsibility Center）という組織横断的な支援組織を構築して内部の専門知識の有効活用を図っている
- ・ 原子力発電所に常駐する検査官はいないが、各原子炉に対して担当責任検査官一人を任命し、TRC の専門家の技術支援を受けている。
- ・ 原子力発電所への訪問検査は、「体系的検査」、「テーマ選定型検査」、「特別検査」の 3 種類あり、Tihange 発電所の場合、2007 年度には各炉に対しそれぞれ 40～50 回、10 回、25 回程度実施している。
- ・ ベルギーでは原子力プラントの寿命は規定されてなく、10 年毎にライセンスが更新される。しかし、政治的な判断によりプラントの運転期間は 40 年までとなった。10 年毎の評価（PSR）は今後 10 年間安全に運転できるかどうかを確認するためのものであり、1975 年に運開された Doel-1、Doel-2、Tihange-1 は、現在第 3 回目の PSR のもとで運転中である。

7.5 Doel 原子力発電所（9月26日）

Doel 原子力発電所見学の後、10年毎の安全レビューおよび Doel 原子力発電所の概要につき説明を受け、質疑応答を行った。特に印象の強かった事項を以下に示す。

- ・ Doel 発電所は社員約 800 人、関連会社社員が約 1,200 人が働いており、運転、保全、安全、総務の 4 部門に分かれている。
- ・ Doel 発電所も Tihange 発電所も共に Electrabel 社が所有しており、二つのサイトに跨る PSR チームが形成されている。
- ・ 旧世代のプラント (Doel-1 と-2 および Tihange-1) の第 3 回以降の PSR と比較的新しいプラント (Doel-3 と-4、Tihange-2 と-3) の第 2 回以降の PSR は全プラントで共通の課題を共通のアプローチで検討する方式を取り入れ、CPSR (Common-PSR) として実施している。
- ・ 第 1 回目の CPSR では、専門家の判断に基づき共通の課題として 66 の課題が抽出されたが、課題の管理と優先順位の評価が非常に困難となった。第 2 回目の CPSR では IAEA の NS-G-2.10 (原子力発電所の定期安全レビュー) に示される 14 の安全要素を活用することとしている。

表-1 日程と議事項目

月 日	訪問先	議事項目
9月22日(月) 9:00~16:30	Isar 原子力発電所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電所の概要 ・ 発電所見学 ・ 点検保全活動 他 (この項目のみ AREVA が説明)
9月23日(火) 9:00~14:30	TUEV-SUED	<ul style="list-style-type: none"> ・ TUEV-SUED の概要 ・ バイエルン州による原子力許認可/監査 (この項目のみバイエルン州原子力規制担当者が説明) ・ 原子力許認可/監査における TUEV-SUED の役割 ・ バイエルン州内原子力発電所の安全マネジメント
9月24日(木) 9:00~14:00	GRS	<ul style="list-style-type: none"> ・ GRS の概要 ・ 研究開発と国際協力 ・ 原子力安全規制最適化研究会の紹介、日本における PI の活用等 (日本側説明) ・ ドイツの法体系と安全要件体系化の取り組み ・ 最近のトピックス (デジタル制御、MTO 等)
9月25日(金) 9:00~18:00	BEL-V	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械学会調査団の目的等 (日本側説明) ・ BEL-V の組織と役割 ・ 原子力発電所に対する検査制度 ・ ベルギーにおける検査官の能力と訓練 ・ 日本における PI の活用等 (日本側説明) ・ ベルギーにおける定期安全レビュー
9月26日(金) 13:00~18:00	Doel 原子力発電所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電所見学 ・ 10年毎の定期レビュー ・ 発電所の概要

表-2 2008年欧州訪問調査参加者

	母体	氏名	所属
1	機構	水町 渉 [団長]	技術参与
2	東大	岡本 孝司 [副団長]	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
3	機構	小林 正英 [幹事]	安全情報部情報分析グループ長
4	東北大	高木 敏行	流体科学研究所教授
5	北大	奈良林 直	北海道大学大学院工学研究科教授
6	保安院	古作 泰雄	原子力発電検査課
7	機構	中田 聡	検査業務部 計画グループ
8	電事連	辻倉米蔵	電気事業連合会 技術顧問
9	原技協	吉松 茂	日本原子力技術協会 技術基盤部 保全技術グループ
10	東北電力	若林 利明	東通原子力発電所副所長 (B T主任, 保守管理・機械保守担当)
11	東京電力	五十嵐 久	原子力品質・安全部 設備健全性診断グループ
12	中部電力	成瀬 昌樹	原子力部 運営グループ
13	北陸電力	栗山 知之	志賀原子力発電所発電部 燃料炉心課
14	関西電力	出野 利文	原子力事業本部 プラント・保全技術グループ
15	中国電力	豊嶋 好輝	島根原子力建設所機械課
16	日本原電	伊藤 晴夫	発電管理室調査役
17	日立 GE ニュークリ アエナジー	佐川 渉	日立事業所原子力サービス部主管技師
18	東芝	清水 俊一	原子力電気計装設計部主幹
19	三菱重工	宮口 仁一	原子力保全技術部次長
20	エナジス	大山 健	代表取締役社長
21	JANUS	富田 洋一郎	エネルギー技術ユニット コンサルタント
22	JANUS	森本 俊雄	エネルギー関連事業部 技術顧問
23	グロリアツーリスト	小倉 篤	第2営業部 部長
24	通訳	浅埜久子 平尾麻美	ドイツ訪問時 ベルギー訪問時



写真-1 Isar 発電所にて

II. 議事録

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」 第3次訪欧調査議事録

1. 日時：

平成20年9月22日（月） 9:00 ～ 12:00

2. 場所：Isar 原子力発電所

3. 出席者：

【Eon】

Gabriele Krauss : Informationszentrum

【機械学会訪欧調査団】

水町団長（原子力安全基盤機構）、岡本副団長（東京大学）、小林幹事（原子力安全基盤機構）、五十嵐（東京電力）、出野（関西電力）、伊藤（日本原子力発電）、大山（エナジス）、栗山（北陸電力）、古作（NISA）、佐川（日立GE）、清水（東芝）、高木（東北大学）、辻倉（電事連）、富田（日本エヌ・ユー・エス株式会社）、豊嶋（中国電力）、中田（原子力安全基盤機構）、奈良林（北海道大学）、成瀬（中部電力）、宮口（三菱）、森本（日本エヌ・ユー・エス株式会社）、吉松（日本原子力技術協会）、若林（東北電力）、

【その他出席者】

浅埜（ドイツ通訳）、小倉（グロリアツアーリスト）

4. 資料：

資料-1： 「Isar Information on the Power Plant」 (Eon Kernkraft, 2006/2)

5. 議事概要：

1) イザール発電所について

- 1号機は1979年3月21日に営業運転開始した912MWe（発電端定格電気出力，送電端定格電気出力878MWe，差引き所内負荷34MWe）の沸騰水型原子力発電所であり，イザール川を堰き止めて水力発電を行っていたイザール水力発電所のダム湖から冷却水を取水している。冷却水排水はダム湖に放出しており，冷却水も含めて水力発電を行っている。
- 2号機は，1988年4月9日に営業運転開始した1475MWe（発電端定格電気出力，送電端定格電気出力1400MWe，差引き所内負荷75MWe）の「コンボイ」型の加圧水型原子力発電所（蒸気発生器4基一次冷却材4ループ，安全系4系統としたドイツ型の炉）であり，同じ型式の原子力発電所が2号機を含めてドイツ国内に3基（Isar-2の他はNeckarwestheim-2, Emsland）建設されている。
- 2002年に改正原子力法が施行され，電力会社と国が取り交わした合意に基づき定められた各発電ユニットの発電可能電力量に従い，1号機は2011年，2号機は2020年に運転を停止しなければならない。しかし，廃炉について過去に決めたことは間違っているのではないかという意見が多くなっている。現時点ではまだ代替電源となるものはなく，原子力発電所がなければ，旧型の火力発電所（ドイツでは石炭が主）に頼らざるをえない。
- 2号機は，これまで，8回（1994,1999,2000,2001,2002,2003,2004,2006），1基による総年間発電電力量の世界一を達成している。1号機は，1983年にBWRとしての設備利用率で世界一となり，また2000年1月には連続送電日数519日を記録した。
- 燃料取替間隔（運転サイクル）は，1号機が18ヵ月，2号機が12ヵ月。通常時は社員600名であり，定検時には外部から1400名程度の人員がくる。
- 1号機は，イザール川の水を取水して復水器の冷却水に利用して発電を行っており，州政府による許可によって，排水温度を25度以下とすることになっている。2003年7月にヨーロッパを襲った異常高温時に，イザール川の水温が24.3度にまで上昇したため，1号機の出力を約65%に下げて運転した。このため，現在12基ある排水の空気冷却装置をさらに4基追加する計画としており，これによって異常高温時の出力抑制のリスクを軽減することとしている。
- この発電所の敷地内には，1号機以前にカールスルーエ研究所が所有していた研究用の100MWeの発電所があったが，重水減速ガス冷却方式で1975-1977半ばの1年半（実質運転期間は18日間）のみの運転であった。1987年以降，ドイツで初めての発電所の解体処分事業として解体を進め，1995年以降は更地に戻して農地（牧場）として肉牛の飼育に用いられている。牧場の所有者は，かつて原子力発電所であった牧場で育てた牛であることで市場に受け入れられなくなる懸念を持っていたが，イザール発電所で放射能濃度の計測結果などを提示公開し，他の牛と変わりのないことを示したため，現在問題なく牧畜が営まれている。
- 1号機は，E-on社が100%所有しており，また2号機は，75%をE-on社，残り25%をミュンヘン市が所有している。
- 2週間に1度，発電所周辺の市長等地元の主だった人に発電所の状況を説明したメールを送るなど，常日頃からのコミュニケーションの充実に努めている。
- E-on社は，国と電力業界の合意に基づいて2011年までの運転とされている1号機に対しても，取替改造の工事を積極的に実施し，発電所運転時と同様以上の良い状態に維持し，高稼働率を維持する方針である。E-on社は，この合意が実際に実施されるとは考えていな

い。

(2) 使用済燃料の中間貯蔵施設

- ・使用済燃料の中間貯蔵施設は、ドイツの原子力エネルギー法による要求事項に従った措置として 2004 年から建設を開始し、2007 年 3 月末に竣工した。これは、サイト近辺に中間貯蔵施設を建設することが法律で決められたためである。連邦政府は、この法律の要求事項の発効によって、放射性物資の輸送回数を限定するとともに、最終処分施設が立ち上げられるまでの間、使用済燃料を安全に貯蔵することとしている。本中間貯蔵施設の使用年限は建設から 40 年間であり、貯蔵量は、合意に基づいた 1、2 号機の発電可能電力量に見合ったものとして、第一貯蔵エリアでは 72 基、第二貯蔵エリアでは 80 基の貯蔵容器を設置できる。各貯蔵容器は、鋳鋼製であり、上下および周囲の壁の厚さが約 40 cm、それぞれ 19 体 (PWR) / 52 体 (BWR) の使用済燃料を保管できる構造となっている。なお、原子力エネルギー法では、2030 年までに最終貯蔵施設を造る計画としているが、現時点で最終貯蔵計画は進んでいない。

(3) 改造工事について

- ・1 号機は、運転開始以降 30 年間にわたり、建設時の金額と同じ程度の金額をかけ改造・取替を進めてきている。例えば、1 号機では再循環配管の取り替えを行い、材質の変更と肉厚の増加等の改造を行っている。運転開始から 30 年経過したが、緑の党が言うように「古く」なっているわけではない。
- ・また、1・2 号機の低圧タービンについて、シーメンスに 2 号機タービンブレードの改良を行わせたことからロータ取替えを実施した。新規改良回転体（ロータおよびタービンブレード）を 2 号機に導入することにより、電気出力を約 38MWe 増強した。また、取替えた 2 号機のタービンロータに改造を加えて 1 号機の低圧タービンとして使用し 1 号機の電気出力を約 11MWe 増強した。2 号機については、高圧タービンの取替えも実施しており、現在シーメンスによる性能確認が実施されている。これに加えて 2 号機では、発電機ロータ巻線（銅線）が切れたため、同ロータをより効率の高いものに置き換えた。これによって約 15MWe の出力増強となった。なお、予め主変圧器や主母線の容量として余裕を持たせた設計としていたため、これらの出力増強によって電気設備の改造を行う必要はなかった。主変圧器は 2 台あるが、1 台で 75% の送電を行うことができる。

(4) ドイツの電力事情

- ・ドイツでは、風力発電による電力の買取義務が電力会社に課せられているため、風力による発電量が多くなった場合には、火力・原子力発電所の発電量の調整を行うことがある。電力会社は、まず約 50% を占める火力発電（ドイツは石炭火力が多い）を停止するなどして発電量を抑制するが、週末等の電力需要が少ない時期には、原子力も出力を下げることになる。実際に許認可の中でも出力調整運転が認められている。この調整運転がなければ、イザール発電所の稼働率がもっと高くなり年間発電電力量世界一の座を奪還できるものと考えており、電気料金も安くて発生二酸化炭素量も少なくてすむのであるが、そうはいかないのがドイツという国の特殊な事情である。
- ・バイエルン州はドイツ南部にあるが、近年増加している風力発電所は殆どがドイツ北部に設置されている。ドイツ国内には、出力 1~3MW の風力発電が 1 万数千基設置されており、風力発電の電力を優先受電しなければならないことから、風力の不確定性を考慮して風力発電が一度に停止した場合の対策も講じながら国全体の電力運用を考えなければならない。（ドイツにおける風力発電 設備容量 22,247MW[2007 年末]、発電電力量 39,500GWh[2007 年]=ドイツ国内の電力消費量の約 6.4% に相当、太陽光発電 設備容量 3,811MW[2007 年末]、発電電力量 3,500GWh[2007 年]=ドイツ国内の電力消費量の約 0.6%

=相当，出典：BMU publication „Renewable energy sources in figures - national and international development“, June 2008)

ドイツでは，各電力会社に，再生可能エネルギー由来の電力の優先購入が義務付けられており，風力発電がよく稼動する時期には，通常は天然ガス火力の出力を下げおき，必要に応じてこれらの出力を上げることで風力発電の出力変動に対応する。しかし，電力消費が少なく天然ガス火力・石炭火力を稼動させていない時期には，原子力の出力を下げおくケースが出てきており，これが原子力の稼働率を下げる要因になっている

- ・風力発電による電力（約 60 円/kWh：約 40 セントユーロ/kWh）を優先して電力会社に購入させる仕組みにより，ドイツの電気料金は約 40 円/kWh（約 26 セントユーロ/kWh）と高くなっている。（なお，風力と同様に Feed-in-tarif による促進措置が取られている太陽光発電については，100 円/kWh：約 70 セントユーロ/kWh を超えている。）このため，工場がドイツ国外に移転するケースも出ており，ドイツの国内産業の衰退に繋がりがかねない。
一方で，イザール 1・2 号機の発電単価は，バックエンド・廃炉費用を加えても約 9 円/kWh（約 6 セントユーロ/kWh）である。なお，これら電気料金のうち，約 40%が税金である。
（1 ユーロ＝150 円で換算）

(5) 発電所見学

事務所での説明の後，2 号機のタービン建屋，主変圧器を見学した。

- ・ 1/25 の模型を，プラントの建設に合わせて作っており，製作にあたり問題点があれば建設工程に反映した。このおかげで，建設工程が 3 ヶ月程度短縮できた。プラントを改造する場合も，この模型を用いて事前に検討することができる。なぜ 25 分の 1 かと言うと，25mm（1 インチ）の配管が 1mm の太さで表現できるからである。
- ・ タービン建屋と原子炉建屋は若干離れて建てられており，その間をつなぐように頭上を主蒸気配管が通っていた。
- ・ タービンの基礎は，振動を抑えるため，約 200 個のコイルバネにより支えられている。
- ・ 1・2 号機で，バイエルン州の約 30%の電力を賄うことができる。
- ・ 非常用ディーゼル発電機が 4 基（出力 5MW）あり，発電所運転中は常に待機状態（コールドスタンバイ）としている。毎週 1 基を起動し，機能確認を行っている。非常用ディーゼル発電機のバックアップとして，さらに 4 基 400kW の非常用ディーゼル発電機を原子炉のある原子炉格納容器を挟んだ反対側に，ミサイル攻撃があっても耐えられる建物の中に設置している。また，40 万 V の送電線からの受電に加えて，22 万 V の送電線から予備変圧器を通した受電が可能であるとともに，構内の水力発電所による電力の受電も可能となっている。
- ・ タービフロアは比較的静かであると感じた。また，湿分分離加熱器が縦型であったこと，タービン基礎を柔構造としてバネにより振動を隔離していたことなどは，日本との設計思想の相違が感じられ印象的であった。

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」 第3次訪欧調査議事録

1. 日時：

平成20年9月22日（月） 13：30～16：40

2. 場所：

Eon I s a r 原子力発電所

3. 出席者：

【アレバ】

GERALD BEIER （アレバに入ってから17年 イザール原子力発電所の機械関係の点検を担当している。総点検で使用する工具類を担当し、保全最適分野でのコンサルタントを実施している。）

Norbert Lügger （アレバ籍を移す前に16年以上イザール原子力発電所に携わっていた。総点検の責任者を経験している。）

【機械学会訪欧調査団】

水町団長（原子力安全基盤機構）、岡本副団長（東京大学）、小林幹事（原子力安全基盤機構）、奈良林（北海道大学）、古作（原子力安全・保安院）、中田（原子力安全基盤機構）、辻倉（電気事業連合会）、吉松（日本原子力技術協会）、若林（東北電力）、五十嵐（東京電力）、成瀬（中部電力）、栗山（北陸電力）、出野（関西電力）、豊嶋（中国電力）、伊藤（日本原子力発電）、佐川（日立GEニュークリアエナジー）、清水（東芝）、宮口（三菱重工業）、森本（日本エヌ・ユー・エス）、富田（日本エヌ・ユー・エス）、

【その他出席者】

浅埜（ドイツ通訳）、小倉（グロリアツーリスト）

4. 資料：

資料-1：Development and Characteristics of Outage Optimization in German NPP's（ドイツの原子力発電所の保全最適化の経緯と特徴）

資料-2：TOPICS（Organization of German NPP's, Licensing Procedure, Remarkable Features of KKI 2, Online Maintenance in German NPP's, ドイツの原子力発電所の組織、許認可手続き、Isar 2号機に関する特記事項、ドイツの原子力発電所のオンラインメンテナンス）

5. 議事概要：

アレバからドイツの原子力発電所の点検に関して以下の内容の紹介があった。

1. 点検に関する基本的な考え方

点検に当たっては、保全の最適化によって設備が高い安全性を保持し、点検にかかる時間を短くおさえつつ信頼性を向上させること、多くの機器をメンテナンスすることによって予期しない事故が起こる確率をさげることが大切である。そのような目標に対して、監督官庁、経済的影響、プラントの新旧が影響してくるので、点検を最適化するにはそれぞれの設備ごとに判断する必要がある。

2. 点検に関する世界的な傾向

国によっての点検の考え方が相違している。その例として、フィンランド、スウェーデン、フランスを紹介。

フィンランド：世界で初めて点検を10日以内で実施した国。フィンランドは50日程度の点検をおこなっていた1980年から点検短縮を実施してきており、点検短縮には長い期間を要している。

スウェーデン：始め19日から24日で実施していた。現在は2年ごとに12日から15日程度の点検を実施している。

フランス：58箇所の原子力発電所が操業中。点検期間を20日で計画しているが実績は28日かかっている。フランスは現在、計画とおりの点検を行うことを目標としている。

3. 計画的な保全最適化

点検は非常に詳細に計画し実行する必要がある。点検が終わったあとは、点検で得られた経験をフィードバックすることが非常に重要だと思う。点検に関しては、「点検が終わった日が次の点検の始まりの日である」をモットーとしている。

点検の計画にあたっては、長期的な計画が必要で設備ごとに一年を通した計画を作成することが大切。計画にあたっては、クリティカルパスをいかに計画し、そのための準備を全て実施していくこと、例えば、異常が診断された場合の準備（材料の手配、人材の確保等）を行っておくことが大切である。

4. ドイツの原子力発電所での保全の最適化の経緯

ドイツは1998年に電力自由化が始まった。以前は各電力会社が州ごとの供給義務があり予備の供給力を保持していたが、自由化後、その義務がなくなり、予備力を各電力会社が保持する必要がなくなった。

2000年、ドイツ政府は原子力発電から撤退することを決定し、2002年に設備毎に総発電量が設定され、発電し終わると順次閉鎖される。Isar 1号機はあと3年分の発電量に設定された。

ドイツ国内には4つの電力会社が存在し、消費者はどの電力会社からでも電力を購入できる。

今は、予備の発電所がないので、不足したら電力市場から購入することとなる。計画的な購入ならば

安く調達できるが、計画外の場合は、100万ユーロ/日かかる。

電力自由化以前は、点検日数を短くすることが重要であったが、上記の理由から、今は、考え方が変わり、十分なメンテナンスを行い、予定外の停止を行わないことが大切。そのために、計画された保全内容を計画された時間とおりに実行することが大切との考え方になってきている。

ドイツのBWR発電所では20日以上、PWR発電所では16日を標準的な総点検日数としている。

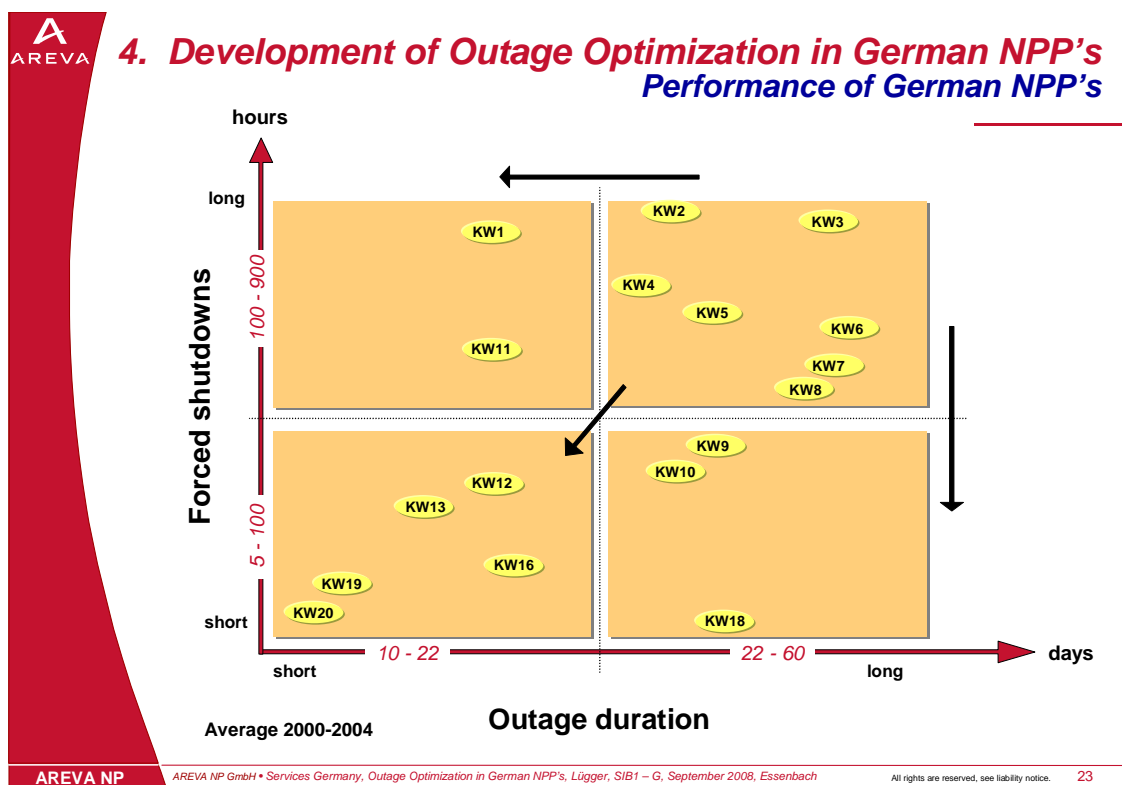
(質疑応答)

Q グラフ（下記に示す資料23頁のグラフ Performance of German NPP's）から、プラントの新旧の影響について何かいえるのか？

→コンボイプラントは左下に位置しており、ベストマテリアルやベストプラクティスとなっていることがわかる。一般的には、古いプラントは右上に位置しており成績が悪い。

Q 州政府による違いはあるか？

→個人的意見だが、州政府によって差があり、北は原子力に対して反対する人が多い関係から、監督庁も厳しく、右上に位置する場合は多いのではと感じる。一方、南の監督庁は合理的に安全に関する規制をしているようだ。



5. 保全最適化の特徴

アレバにとってコンサルタントだけが大切ではなく、解決策をサポートすることが大切と考えてい

る。たとえば、点検にかかる時間を短くするためにメンテナンスの方法に対する戦略をつくること、そのための必要なツール（工具、例えば、圧力容器の蓋にワンタッチで開けるための工具）を開発することを行っている。

クリティカルパスは Window / GAP Analysis（資料 27 ページ）を使用して分析する。これは各作業をウインドウに見立てベンチマークとの比較で分析する。これによって、原子炉の降圧のプログラムの差や、作業手順の差が明らかになった。

（質疑応答）

Q アレバは、イオンのどの設備に対してアドバイスをを行っているのか？

→現在は、イオンの発電所全体の点検・検査を請け負っている。

更Q 定検を短くすると、儲けに反することになるのでは？

→反しない。顧客満足が大切と考えている。

Q イオンと設計・メンテナンスの情報を共有しているのか？

→発電所は以前シーメンスとKWUが製作しているので、設計情報はアレバにある。

更Q イオンがアレバ以外に発注した設備についてはどうか？

→イオンが他に発注したものについても情報はイオンから入手している。

6-1. トピックス：ドイツの原子力発電所の組織

- ① オペレーション部門
- ② サーベイランス（モニタリング）部門
- ③ メカニカル部門
- ④ 電気部門

に分けられるものが多いが、組織構成が異なる場合もある。機械部長が一番お金を使うので点検の責任者にある場合が多い。運転の責任者が点検の責任者にある場合もある。

これは、考え方の差で、点検も運転の一環だと考えれば運転の責任者となるし、一方、点検をプロジェクトと考えれば点検の責任者になる。

（質疑応答）

Q：モニタリングとはどのようなことを実施しているのか？

→発電所の運転に関する事項に対して全ての監視を実施しており、例えば、核分裂に関するもの、化学反応に関するもの、環境に放出する放射線の量、放射能を含む輸送等の監視を行っている（日本でいう技術課の業務のイメージと考えられる）

6-2. トピックス：許認可手続き

設備を設置する場合には、ドイツ州が認可する。

ドイツの規制体系は環境省があり、その下に州政府の監督庁がある。鑑定人としてTUVがいる。そこに、原子力発電所では運転ハンドブックと点検のための検査ハンドブックを定める要求がある。

設備の改造やハンドブックを変更する場合は、認可対象である。

例えば、オンラインメンテナンスを導入する場合や、状態監視保全を導入する場合は、導入前に監督官庁とTUVと共に話し合う必要がある。

(質疑応答)

Q オンラインメンテナンスはどちらのハンドブックによるのか？

→両方のハンドブックにかかわるが、主として運転のためのハンドブックが該当する。検査には、外観、機能、密閉、非破壊検査があり。検査ハンドブックには、どのような状態で検査を行わなければならないかが書いてある。また、その中にはどの検査にTUVが立ち会うかが書いてある。

6-3. トピックス：Isar 2号機に関する特記事項

Q Isarの高稼働率の要因は？

→以下のとおりと考える。

- ①K T Aルール（原子力技術委員会）に従っていること
- ②B A S I C S A F E T Y（基本的安全性）に基づいて設計されていること。一般的なスペックとして、材質、部材の設計（鍛造品の使用、溶接構造や低溶接数、低応力の設計）とすることが定められている。
- ③コンボイデザイン 最新のドイツの原子力発電所はコンボイデザインで設計されている。コンボイデザインは、Isar 2他3基の発電所が採用しており、安全系が4系列となっている。オンラインメンテナンスには、多重の安全構造が必要となっているため、例えば、フランスの原子力発電所の多くが3系列のため、ドイツの枠組みではオンラインメンテナンスができないこととなる。コンボイデザインであれば、運転中に検査ハンドブックにかかっているいくつかの検査を運転中に実施することができる。コンボイデザインのプラントは、運転中に格納容器の中に入ることができるので、クレーンのメンテナンスは運転中にもできる設計となっている。

6-4. トピックス：ドイツの原子力発電所のオンラインメンテナンス

ドイツの発電所は設備も異なるし、州によって監督庁が異なるのでオンラインメンテナンスについての要求も異なっている。これは、解釈の違いによるものと考えられ、州によっては、オンラインメンテナンスが出来ない場合もある。

古いプラントは信頼性分析を行っていなかったが、最新のコンボイデザインのプラントについては、信頼性について非常に深く考えられており、Isar 2ではオンラインメンテナンスを実施し、4系列の1系列を14日で実施している。

Isar 2と同様な最新のプラントでは、オンラインメンテナンスにおいて異常が見つかる可能性が少ないが、古いプラントで見つかる可能性があるため、計画点検の直前に実施するが多い。

Isar 2は、最新のプラントなので、オンラインメンテナンスを1月に、総点検を通常7月に実施している。（総点検を7月に実施する時期的な背景としては、ドイツでは冬に電力需要が多いことと、8月の夏休み前に仕事を終了させ作業人員の確保をしたいため。）

(質疑応答)

Q 共通認識として、整理しておくが、日本でもクリチアル作業は、3交替・24時間作業で実施している。どれだけの範囲を点検対象としているのか？

→ドイツでは1プラントに約300人の従業員で約1000人の請負者を管理しているのが丁度いいマネジメントの程度となっている。(質問内容とはかみ合っていないが、管理できる範囲の物量で点検を行っているのではないかと推察する。)

Q 保修作業は、実際のところ、10分間隔で管理できているのか？

→10分間隔で計画しているのは、クリチカルパスと一部のサブクリチカルパスのみで、実作業時には、作業が終了した時点で予定どおり作業が完了したか否かを紙に記入することとしている。

1998年の原子力に関する法律が変更されてから、点検を短縮するためにスケジュール管理を実施しており、一般的なプリマベラもしくはマイクロソフトのものを使用している。総点検の管理は24時間で実施し、もし実施して出来なければ、改善項目となり改善策を提示しなければならない。

Q オンラインメンテナンスにおいても同様なクリチカル管理を実施しているのか？リスク評価を取り入れているか？

→同様の管理を行っている。リスク評価(ここでいっているのは、部品等を準備していくことを示している)もプランニング段階で一度実施している。

Q 米国のようなPSAの手法を取り入れているのか？

→部分的には実施している。(話しの流れから、これ以上のやりとりはなかった)

Q 検査ハンドブックに決められている機器の点検頻度の変更手続きはどのように実施しているのか？

→安全に関する機器については、点検の周期を延長する場合は、信頼性分析を実施し、安全に関する係数を下回らないことを証明する必要がある。例えば、以前いたブランベルの発電所では、11個ある安全系の弁の4個を分解点検したときに、組み立て手順の違いにより不具合が発生した事例があり、毎年4個同時に点検するのではなく、(点検物量が減っても)毎年1個を点検し、手順の確認を確実にすることや中に流れる流体の量を測定するほうが安全であると判断した事例もある。これが、先ほどのCBMのひとつと考えている。実際には11個の弁を4個から1個の点検に変更するために監督庁に申請を行う必要があった。この例では、弁の開度を確認できるようにも設備を改造し、申請手続きを行い、検査ハンドブックの変更を実施した。ハンドブックの変更手続きは、クラス毎に決まっている。クラス1については、TUVの同意と監督庁の認可、クラス2については、TUVの承認、クラス3については事業者の判断となっている。

Q 日本は今年から認可ではなく、届出で行う制度を策定しているが？

→安全に係るものは、認可として扱っている。先の申請に関しては2年間を要した。安全性に係るものであっても、いかなる手順の変更であっても安全性を低下させるものであってはならない。

Q そのときの評価は定性的なものか定量的なものか？

→全てのドキュメントはエキスパートが持っていて、それぞれのパート毎にコメント対応を実施している。(議論がかみ合っていないが、その部分はエキスパートが判断しており、定量的な評価はしていないのではないかと推察する。)

Q 10分単位の作業について規制側の確認はあるのか？

→規制側の立会いはない。

Q 規制側の立会いはどのようになっているのか？

→監督官庁は検査ハンドブックに記載のある検査が全て実施されているかをチェックする必要がある。メンテナンスの仕事が規則どおりに実施され、その結果、異常が見つからなかったことを確認する。監督官庁による検査は書類ベースで実施され、現場の立会いはTUVが実施するが、いくつかの検査(Isarの場合)は監督官庁の人間が立会する場合もある。監督官庁には60人いるが、クラス1についてはTUVが立ち会い、クラス2, 3については事業者のみによる確認が行われている。

Q 監督庁は安全に係るものだけを立ち会っているのか？

→安全に関するものについても、監督官庁の現場立会いはない。例えばIsarの例では使用済み燃料棒に関する検査でも監督省庁は見ているだけ。

Q 検査官とは特別な資格があるのか？

→特別な資格があるもおのではなく、TUVに入って仕事をしている人を示している。

Q 不具合の水平展開などはどのようにしているのか？

→ドイツ国内で発生した不具合情報はインターネット上で公開されており、TUVの専門家同士が話しあう。

Q 5年程度前にブランズビッテル発電所で発生した配管爆発のときも、TUVによる水平展開があったのか？

→そう。全ての沸騰水の原子炉を持っている会社は対応しなければならなかった。

以 上

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」第3次訪欧調査議事録

1. 日時：

平成20年9月23日（火） 09:00～14:30

2. 場所：

ドイツ連邦共和国技術検査協会（ミュンヘン市）

3. 出席者：

【ドイツ連邦共和国バイエルン州政府】

環境・保健・消費者保護省(以下、環境省) Regierungsdirector Mr. Ludwig Schaeffler
環境省 Diplom Physiker Dr. Markus Trautmannsheimer

【ドイツ連邦共和国技術検査協会(TÜV SÜD)】

産業サービス社 エネルギー・技術部長 Mr. Rainer Hero
産業サービス社 エネルギー・技術部 Dr. Walter Bergbauer
規制・安全管理部 Mr. Hans-Joachim Rauh

【機械学会訪欧調査団】

水町団長（原子力安全基盤機構），岡本副団長（東京大学），小林幹事（原子力安全基盤機構），五十嵐（東京電力），出野（関西電力），伊藤（日本原子力発電），大山（エナジス），栗山（北陸電力）古作（NISA），佐川（日立GE），清水（東芝），高木（東北大学），辻倉（電事連），富田（日本エヌ・ユー・エス株式会社），豊嶋（中国電力），中田（原子力安全基盤機構），奈良林（北海道大学），成瀬（中部電力），宮口（三菱），森本（日本エヌ・ユー・エス株式会社），吉松（日本原子力技術協会），若林（東北電力），

【その他出席者】

浅埜（ドイツ通訳），平尾（ベルギー通訳），小倉（グロリアツアーリスト）

4. 資料：

資料-1：Agenda

資料-2：TÜV SÜD の紹介（Unternehmenspräsentation TÜV SÜD Industrie Service GmbH）

資料-3：バイエルン州政府の原子力許認可／監査

（Das atomrechtliche Genehmigungs und Aufsichtsverfahren in Bayern）

資料-4：原子力許認可に関わる TÜV SÜD 役割

（Stellung des TÜV SÜD als Sachverständigenorganisation in der Kerntechnik）

資料-5：バイエルン州政府の原子力発電所安全管理（Sicherheitsmanagement）

5. 議事概要：

質疑内容は、対応する説明項目毎に記載している。

5-1 TÜV SÜD の紹介

説明者 TÜV SÜD Mr. Rainer Hero

<概要>

(1) TÜV SÜD コンツェルンの概要

- ・ 創立は約 140 年前
- ・ 売上高 12 億ユーロ(約 1,500 億円)
- ・ 世界約 600 ヶ所に拠点を置き、従業員総数は 13,000 名
- ・ 本部はミュンヘン市、米国統括はピーボディー市、アジア統括はシンガポールで、TÜV Japan を設立し、日本にも進出

(世界各国への展開状況は図 5.1 参照)



図 5.1 TÜV-SÜD の世界展開

- ・ 以下の分野で技術サービスを提供
 - コンサルタント
 - 試験・検査
 - 認証サービス

訓練

(2) 産業サービス社の概要

- ・ TÜV SÜD 最大の子会社(但し株式は公開していない)

注：TÜV SÜD は TÜV NORDE 等他の TÜV 各社とは競争関係にあり、独北部でも事業を行っているが、主たるカバー範囲は独南部である。(バイエルン州・ヘッセン州・バーデンビュルテンバーク州) 海外ではフィンランド・スイス・韓国等でも事業を展開中。

- ・ メーカーや事業者に対し以下のエンジニアリングサービスを提供

コンサルタント

試験・検査

認証サービス

- ・ 事業分野

建築技術

搬送技術(エレベータ・クレーン等)

電気技術

機器・設備技術

ボイラ技術 注：この中の検査業務が同社発祥の基礎

環境技術

原子力技術

(3) 原子力関連

- ・ 対象分野

原子力関連施設

放射線防護

廃棄物処理

- ・ 原子力発電プラントについては、建設段階・運転段階・廃炉段階の全てを対象

<質疑>

Q 産業サービス社による韓国での事業内容は？

⇒トラブルを起こした蒸気発生器の再使用評価を実施した経験あり。

Q TÜV Japan による日本での事業は？

⇒原子力関連ではない。日本製品の独内流通に必要な認証サービスである。

【ここで水町団長から、今回の訪問受入れに対する謝辞とともに、研究会・調査団の紹介を行ったが、詳細は省略する。】

5-2 ドイツ連邦における原子力許認可／監査について（バイエルン州を例に）

説明者 バイエルン州環境省 Mr. Ludwig Schaeffler

<概要>

(1) 環境省の組織

- ・ 環境省長官以下の組織の概要説明あり
- ・ 原子力規制(許認可・監督)に関わるのは第 9 課(全部で 10 課ある)の原子力エネルギー放射線防護課
- ・ 40 名で構成され、主として専門技術者から成る

注：独では Beante(公務員)Anjestelte(準公務員)がいるが、同課の半数は Beante との紹介があった。

- ・ 以下の担当に分かれて業務遂行

全般及び廃棄物処理

原子力発電/放射線防護(法的事項)

Gundremingen 担当

研究炉担当

Isar 担当

放射線防護（技術事項）

Grafenrheinfeld 担当

- ・ 参考情報：2002 年の法案成立によるバイエルン州内発電所(図 5.2 参照)の操業停止時期

Isar1 2011

Grafenrheinfeld 2014

GundremingenB 2016

GundremingenC 2017

Isar2 2020

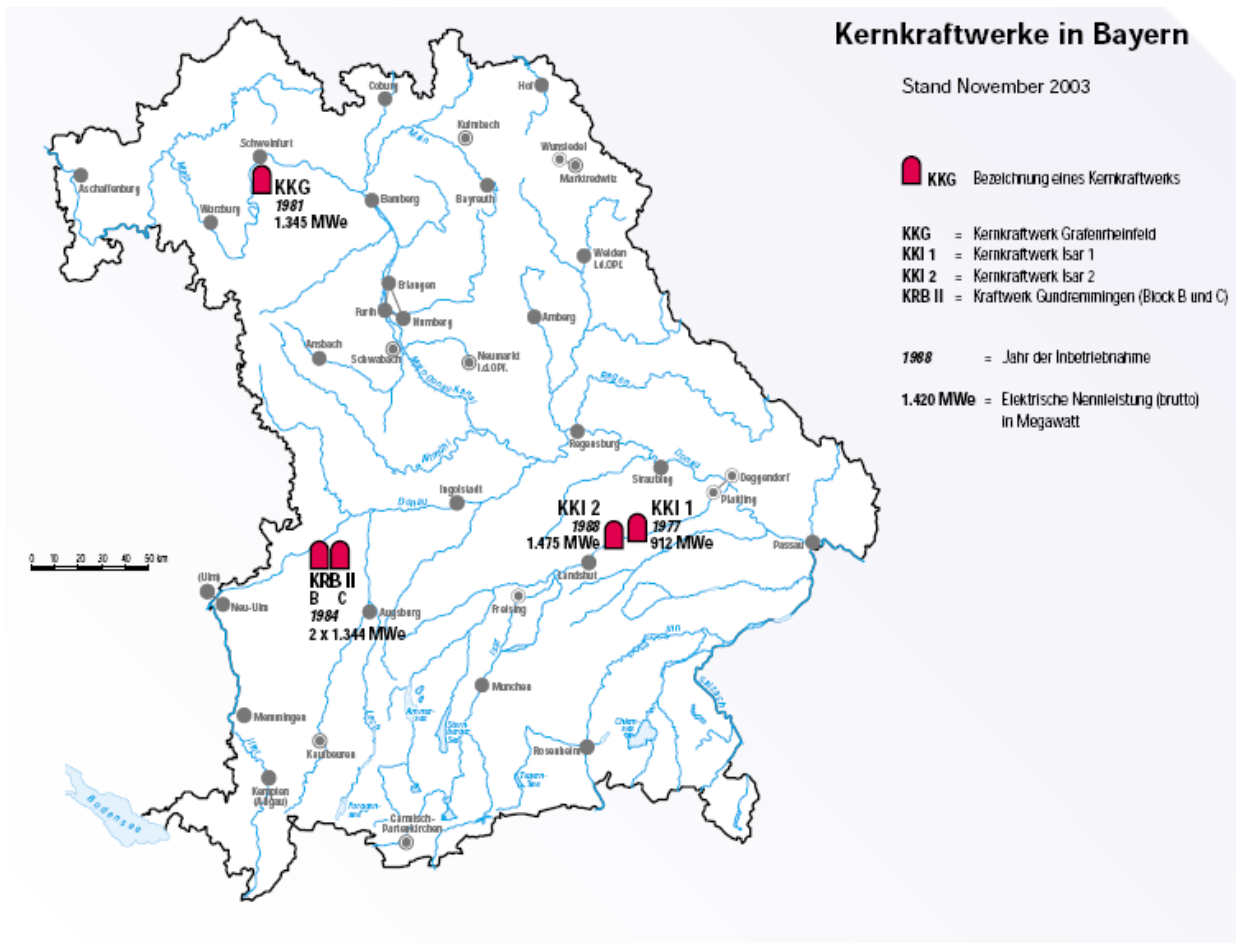


図 5.2 バイエルン州の原子力発電所

(2) 原子力法体系における州政府の位置付け

- ・「基本法」(憲法)87C 条、連邦法「原子力の平和利用及びその危険の防護に関する法律」(以下原子力法) 24 条に基づき、「担当省が原子力施設の規制を実施」とされており、バイエルン州では環境省が担当
- ・規制業務は、下位の役所、外部の専門組織(TÜV はこれに該当)への委託が認められる
- ・連邦政府は、州の規制業務を監督し、必要に応じ命令できる
- ・連邦政府では、環境・自然保護・原子炉安全省が原子力施設の規制担当省
- ・連邦・州が協力して原子力施設の規制に当たる
- ・原子力法第 19~21 条により、規制当局(ここでは州環境省)には以下が保証される
 - 必要な情報の随時入手
 - 施設への立ち入り
 - 違反状態の排除指令

Zusammenwirken von Bund und Ländern

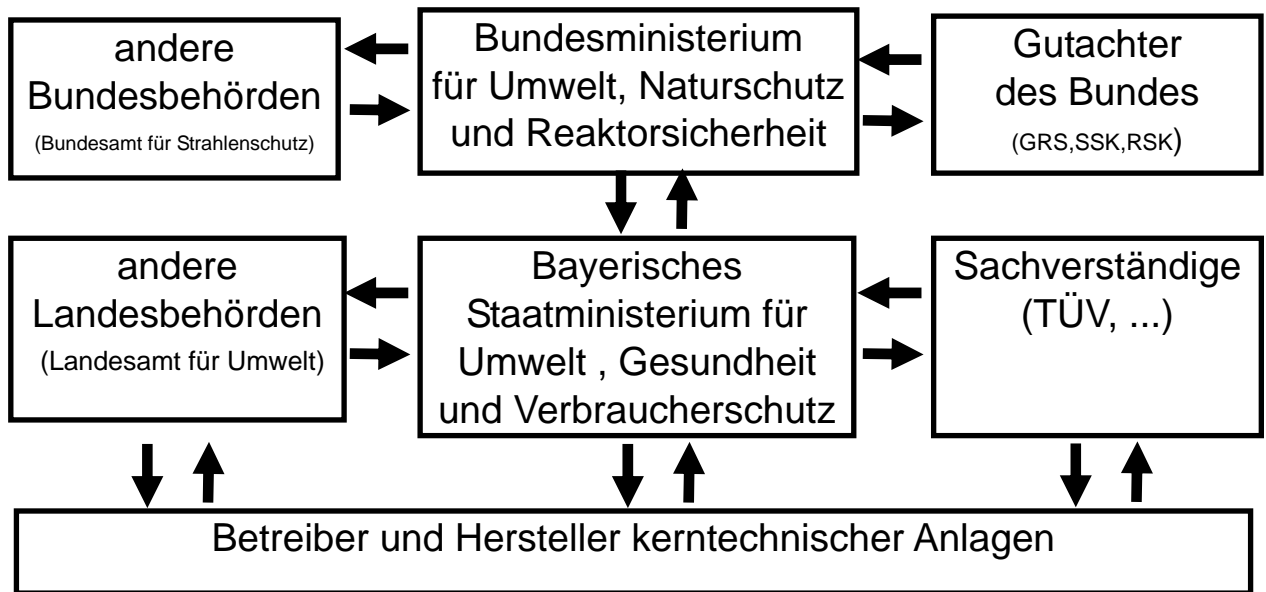


図 5.3 原子力発電所の規制に関わる連邦政府と州政府の関係

(3) 規制の概要

- ・ 規制の大前提は、「安全最優先」
- ・ 環境省は事業者が施設を安全に運営しているかを監督
- ・ 「規制当局は、より安全に寄与できる技術があれば適用すべく命令できる」となっているが、現在の独の状況では、事業者が自主的に提案する事例が大半（勿論守秘義務あり）
- ・ 環境省は違反への罰金賦課権あり
- ・ 外部の専門組織としては、主として TÜV SÜD を採用(契約により詳細を規定)
- ・ 採用の要件は、中立・専門能力・信頼性
- ・ 事業者からの届出期限の規定
 - カテゴリ S： 即時
 - カテゴリ E： 24 時間以内
 - カテゴリ N： 5 日以内（95%はこのカテゴリ）
- ・ 監督業務についての特記事項
 - 検査・試験・評価をネットワークし、この網目の密度を高め、監督していく 1 年間を通じて監督する（燃料交換停止時期だけではない）
 - 環境省職員・州下部組織職員・TÜV SÜD のいずれかが毎日施設に滞在（燃料交換停止時の検査期間は多数滞在）
 - 検査完了後の運転再開は、環境省長官名で文書で通達する
 - 原子炉の On-Line Monitoring(KFÜ と称す)システムによる運転状態のパラメータ把握



図 5.4 参考情報 : ドイツ連邦共和国各州

<質疑>

Q 「より安全に寄与できる技術があれば適用すべく命令できる」根拠は原子力法か？

⇒原子力法には明記されていない。同法では「許認可にあたり最新技術を採用入れねばならない」とされており、これが根拠となっている。但し専門家の間で意見が分かれることはある。

Q 命令した事例は？

⇒重量物運搬での落下事例が続き、業務内容の分析を命令した事例がある。これにより改善策の策定を図った。本件は原子力安全には関係しないが、「いかなる事故も原子力施設では起こしたくない」との考えから命令に至ったもの。

Q 独での水素爆発報告事例への州としての対応は？

⇒(もしバイエルン州なら)3 ヶ月も放置するようなことはなく、直ちに何らかの指示をしたものと思う。バイエルン州としては、水平展開として Isar1 の調査を行った。

(TÜV SÜD からの補足)公表の遅れが(日本国内では)指摘されているようだが、公表が遅れたのではなく、事象の重要性に気づいていなかったのが実態。事象発生時は単なる漏れとしか認識しておらず、燃料交換停止時の検査時の調査で事態の深刻さを初めて認識。それ以降の対応は迅速であった。

Q 日本では「隠した」との報道があったが？

⇒それは正しくない。

Q 日本でも浜岡で同種の事例があったが、承知してはいなかったのか？

⇒(TÜV SÜD の回答) 知らなかった。

Q KFÜ による把握パラメータ数は？

⇒30 ヶ程度で、炉内中性子束、 γ 線放射線量等の原子炉パラメータ以外に風向・風速のような気象情報 も含まれている。(万一の事故の際の有用な情報となる)

Q 届出カテゴリは州毎で異なるのか？

⇒原子力法で規定されており、連邦全体で共通である。

Q 通常運転時、規制側(含む TÜV)からの常駐者はいるのか？

⇒常駐者はいない。

Q 「検査・試験・評価をネットワーキングし、この網目の密度を高め、監督していく」とあったが、役割は規制側か事業者側か？

⇒環境省が責任を持って担当しているが、事業者側と協力して進めている。

Q 「連邦法に基づき規制業務を行っている」とのことだが、州独自の法律はないのか？

⇒規制に関わる独自の法律はない。但し、担当省等を規定する法律はある。また(連邦政府からの)通達に州政府の意向が反映された例はある。

Q(検査完了後の)運転再開許可の際、(次サイクルの)運転期間はどのように評価されているか？

⇒(一寸質問の真意が伝わっていなかったようで)運転期間を法律で規定しているわけではなく、運転認可に期間の制限はない。

Q ISAR1 は 18 ヶ月サイクルだが、24 ヶ月は認可(あるいは検討)されているのか？

⇒聞いたことがない。燃料濃縮度の上限(4.4~4.6%)が定められており、PWR では 1 年前後、BWR では 1 年半程度が通例である。

Q 燃料濃縮度制限が見直されれば、24 ヶ月運転は可能か？

⇒許されていない。燃料濃縮度だけでなく、評価し直さねばならない点が多々ある。

Q 燃料交換停止時の検査では土・日も立ち会うのか？

⇒24 時間体制で取り組んでいる。勿論土・日も対応している。

Q 運転期間についての規定はどうか？

⇒40 年の運転を終えた段階で、その後の運転継続可能性の証明が必要とされている。

Q 安全評価を途中(例えば 20 年)で実施しているのか？

⇒原子力法の中で、10 年毎に総合安全評価を行うとされている。技術の進歩により、プラントの最新状態は(理想の状態との間に)ギャップを持つことになるが、改善への Recommend は行う。但し、事業者側が自主的に改善を申し出てくるのが大半である。

Q 10 年毎の総合安全評価と、(検査完了後の)運転再開許可の関係は？

⇒10 年毎の総合評価は申請書類に基づく評価であり、個別の検査に連動するものではない。運転再開許可に必要な停止時の個別の検査にも連動しない。運転再開許可には停止時の検査結果が評価される。総合評価に当たっては、それまでの検査結果の評価も考慮されるので、まったく関係がないと言うわけでもないが。

5-3 原子力許認可／監査における TÜV SÜD の役割

説明者 TÜV SÜD Dr. Walter Bergbauer

<概要>

(1)原子力規制と TÜV

- ・原子力規制に関係する州の監督官庁(バイエルン州の場合は環境省)は外部の専門組織に業務を委託できるが、TÜV はその一つである(バイエルン州では TÜV SÜD)
- ・TÜV SÜD は規制対象原子力施設(原子力発電所)とのリンクージュもあるが、環境省との間に一番強いリンクージュを持って業務遂行に当たっている (図 5.5 参照)

Stellung des TÜV SÜD als Sachverständigenorganisation in der Kerntechnik

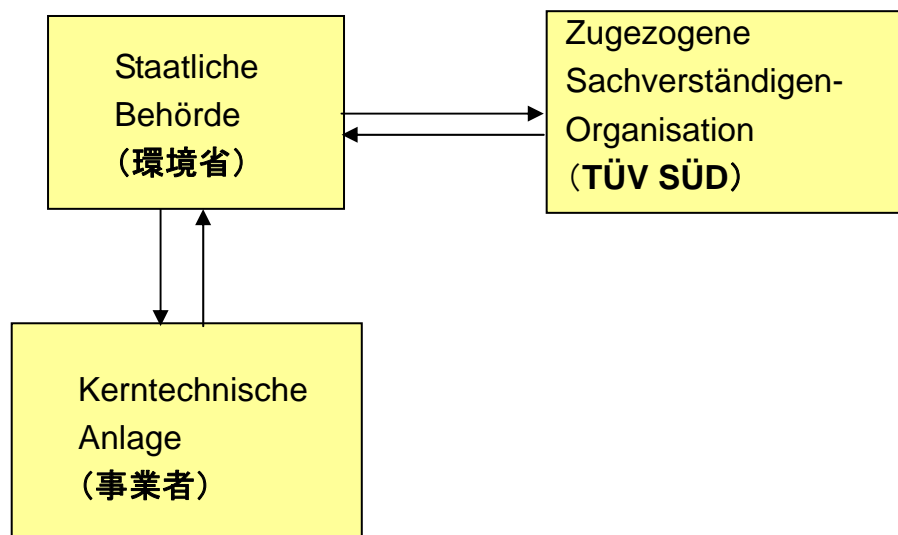


図 5.5 環境省・TÜV SÜD・事業者のリンクージュ

- ・法的根拠は原子力法第 20 条 (「外部の専門組織を使える」となっている)
 - 第 7 条： 新設プラントの許認可
 - 第 19a 条： 安全評価 (10 年毎の総合安全評価)
 - 第 19 条： 運転に関する各種検査 (これが現在の主要業務)

(2)業務概要

- ・業務内容は環境省との契約で規定される
- ・検査結果の評価に基づき、逸脱している部分があれば指摘/評価
- ・運転中プラントの監査業務が業務の 90%を占める (主な業務は以下のとおり)
 - 10 年毎の総合安全評価
 - 運転再開許可に必要な評価
 - 改造工事等プラントの変更(運転マニュアルの変更も含む)の安全評価

上記変更に関する検査

安全に関わる設備・部品の試験・検査(材料試験設備を保有)

- ・各種の評価に当たっては、事業者から提出された資料（図面・解析評価書等を含む）を用いる
- ・TÜV SÜD が担当する検査項目は 1,000 項目であるが、500 項目は燃料交換時しか検査できない
- ・独では規制側がかなり細かくチェックしており、事業者側のチェックにシフトしている米国とは異なる
- ・TÜV SÜD からは、通常運転時では 2～3 名、燃料交換時検査時には 20～30 名(40 名に上る場合あり)が発電所に滞在

<質疑>

Q TÜV SÜD が実施する各種の検査主体は、TÜV SÜD か事業者か？

⇒一緒にやるが、実施者は事業者。その際、検査マニュアルに基づき実施するが、マニュアルは事前評価される。なお、材料試験は TÜV SÜD が実施。

Q 材料試験結果の事業者への連絡は？

⇒材料試験装置が TÜV SÜD にあるので、TÜV SÜD が実施し結果を報告するが、事業者側が立会うことが多い。

Q 1,000 項目は 1 年間の総数か？

⇒1 施設当たりの 1 年間の立会い総数である。勿論、立会わない検査は多数に上る。

Q TÜV SÜD の専門家が立会うのか？

⇒専門職が立会う。専門的な能力がないと(異常が発見された場合など)即応できない。

Q 現在の専門職の総数は？

⇒約 200 名である。この人員でバイエルン州・ヘッセン州の 6 プラントをカバーしている。因みにこの 6 プラントで業務量の 90%を占める。残りの 10%は両州以外の業務である。

Q バイエルン・ヘッセン両州との契約内容は同じか？

⇒本質的には同じである。

Q TÜV SÜD には Areva 等の他組織のキャリアを持った方がいるか？また逆に TÜV SÜD のキャリアを経て他組織に異動する例もあるか？

⇒そのような例はあるが、しばしば起こるようなものではない。

Q 環境省との契約に基づき発生する TÜV SÜD の費用は最終的には事業者が負担するのか？

⇒法律で「80%は負担せねばならない」とされている。(全額との表現は無かった。)

Q メーカー作成の資料も検査対象か？メーカーにも立ち入るのか？

⇒例えば配管改造工事が対象なら配管図・配置図も検査対象となる。機器図面やシステム図も対象となる。

Q 検査範囲は州政府側が決めるのか、TÜV SÜD が決めるのか？

⇒TÜV SÜD が決める。担当官庁からの委託を受け、適合性を評価する責任が TÜV SÜD にあることが根拠。

5-4 バイエレン州原子力発電所の安全管理

説明者 TÜV SÜD Mr. Hans-Joachim Rauh

<概要>

(1)安全管理(Safety Management)の考え方

- ・過去数年の事象分析から、安全問題に取り組むには人に関わる問題に体系的に取り組む必要性を痛感
- ・そのための手段として「安全管理システム(Safety Management System)」の開発に取り組み中
- ・国際的な取り組み内容を単に網羅するだけでなく、ドイツ独自のシステムを開発する
- ・「安全を最優先する」考えを定着させなければならない(「安全文化の確立」)
- ・安全文化の確立とは言っても、この定量化はきわめて難しい

(2)安全管理システム(SMS)の開発

- ・現在 KTA (原子力委員会) 1402 として作成中
- ・但し SMS はあくまで手段であり、原子力施設の安全確立に資するものでなければならない
- ・また SMS が単独で存在して意味あるものではなく、品質管理等の他システムと一体になって初めて効果が期待できるものである
- ・TÜV SÜD は、ISO 9001/14001 を取得している
- ・開発に当たっての TÜV SÜD の基本姿勢
 - 安全に関わる重要プロセスを全て網羅
 - PDCA サイクルの確立
 - 安全能力の向上に寄与
- ・安全に関わる事項を全て網羅し、各プロセスを(相互関係も含め)確認していくことを考えている
- ・導入時期には、各プロセスのモデル化状況、要求事項の包含状況等をチェック、また各種ハンドブックの提出を受けこれを検討する等のステップを重ね、現在も州政府・TÜV SÜD・事業者間で討議を重ねている
- ・従って 実地検証段階までには至っていないのが現状
- ・シンポジウムを開催し、事業者も発表者の一員にする等布教活動に努めている

<質疑>

Q 安全ハンドブックと運転・検査ハンドブックの関係は？

⇒運転・検査ハンドブック：許認可要件として定められた義務的なもの取り決め
法的に定められている

安全(管理)ハンドブック：上記実施のために必要な事項を取り決め

事業者が自主的に編み出していくべきもの

Q ハンドブックとマニュアルの違いは？

⇒ドイツではハンドブックが正しい表現。マニュアルとは言わない。

米国の T - Spec は全て入っている。ドイツでこれに + α したものがハンドブック。

Q ハンドブックの作成責任は？

⇒ 運転・検査ハンドブックも含め、事業者の責任。監督側は実施状況を監査する立場。

【ここで、全般に関する質疑に切り替え】

Q 検査に際し TÜV SÜD が現場立会に 40 名も入ると、事業者側は対応に大変では？

⇒ TÜV SÜD の検査は、これまでの経験を踏まえ定められており、手順は全て書き出されている。また、事業者側としては立会があろうとなかろうと、やるべき検査であるので、大変なことにはならない。(怪訝そうな表情で回答)

ただ、見解の相違は生じる。その解決に時間がかかることはあるが、その場合は監督官庁に報告する。このような事例があった際、最終的に優先されたのは TÜV SÜD の判断であった。

Q プラントサイトどこでも TÜV SÜD は自由に立ち入れるのか？

⇒ 自由。監督官庁(ここでは環境省)に準じ、TÜV SÜD にもその権利が付与されている。

過去に「入れる」「入れない」で揉めた事例もあるが、その際も監督官庁の最終判断は TÜV SÜD 側であった。

Q 何故 ASME のように TÜV SÜD は Code を作らないのか？

⇒ TÜV SÜD は Code を作る立場ではない。例えばドイツでは材質・強度には KTR Code がある。但し Code 作成のための KTR 委員会(事業者・メーカ・監督官庁・TÜV 等の専門家で構成)には TÜV も委員を出している。

Q 専門職 200 名の教育訓練と年齢構成はどのようになっているのか？

⇒ 平均年齢は多分 50 歳を超えていると思う。最近では若手技術者も入ってきている。3~5 年ほど、OJT で教育する。(TÜV SÜD は個人ではなく、あくまで組織全体での対応が基本である、との補足あり。)

Q TÜV SÜD は行政府からの監査を受けるのか？

⇒ 受けることは無い。監督官庁とは密接に連携して業務に当たっており、監査を受ける必要性を感じていない。

Q 新技術、例えばプラント内での無線利用などは考えていないのか？

⇒ 無線利用は真剣に考えたことは無い。制御系の誤作動誘引等種々問題があるのではないか。新設プラントならともかく既設プラントへの適用は難しいのではないか。(現在の 30 項目に及ぶ運転状態のパラメータ表示で十分ではないか、との補足あり。)

Q 何か異常が生じた場合の地元への説明体制は？

⇒ 先ほど説明したカテゴリに応じて地元への報告がされている。また運転ハンドブックにも報告対象となる事象・報告先等詳細に規定されている。事業者が直接説明する例もある。

Q 州政府自身が説明することもあるのか？

⇒ 州政府はインターネットで詳細に公開している。週単位で周辺放射能値まで公開している。

(インターネットでの公開事例を具体的に示しての説明があった。)

以上

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」 第3次訪欧調査議事録

1. 日時：

平成20年9月24日（水） 9：00 ～12：30

2. 場所：GRS mbH

3. 出席者：【Gesellschaft für Anlagen – und Reaktorsicherheit (GRS) mbH】

Ulrich Erven (Head of Projects and International Programmes Division)

Manfred Mertins (Head of General Technical Tasks Department)

Jorg Kaulard (Radiation and Environment Protection Division)

Thomas Steinrotter (Reactor Safety Analyses Division)

Hartmuth Heinsohn (Reactor Safety Analyses Division)

【訪問先組織名称】

Gesellschaft für Anlagen – und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

【機械学会訪欧調査団】

岡本副団長（東京大学），小林幹事（原子力安全基盤機構），五十嵐（東京電力），出野（関西電力），伊藤（日本原子力発電），大山（エナジス），栗山（北陸電力），古作（NISA），佐川（日立GE），清水（東芝），高木（東北大学），辻倉（電事連），富田（日本エヌ・ユー・エス株式会社），豊嶋（中国電力），中田（原子力安全基盤機構），奈良林（北海道大学），成瀬（中部電力），宮口（三菱），森本（日本エヌ・ユー・エス株式会社），吉松（日本原子力技術協会），若林（東北電力），

【その他出席者】

浅埜（ドイツ通訳），小倉（グロリアツアーリスト）

4. 資料：

資料-1： Presentation of GRS

資料-2： Development of regulations and guides on nuclear safety in Germany

資料-3： Requirements on Software Based I&C in the Safety System of German Nuclear Power Plants

資料-4： VdTUV statement on the necessary precautionary measures to prevent the systematic failure of digital instrumentation and control installations performing instrumentation and control of Category 1 in nuclear installations

5. 議事概要：

GRS、TSO ネットワーク、ETSON 及び EUROSAFE について

Ulrich Erven 氏

(1) GRS の概要

<ドイツにおける GRS の立場>

- ドイツ連邦環境省の TSO (Technical Safety Organization) として原子力安全と放射性廃棄物のマネジメントを実施している。
- 原子力分野における研究開発活動についてもドイツ連邦経済省の下で実施している。
- ドイツ連邦環境省及び経済省に代わり、国際的な活動として IAEA, OECD, EU 等の委託を受けて業務を実施している。
- 国際的にパートナーとして契約を交わして業務を実施している。

<業務内容>

- 原子力施設の安全に関する評価と改善

<目的>

- 技術的な危険から人と環境を守るため

<GRS の特徴>

- 多岐にわたる分野の知識を有している
- 知見を応用化している
- 質の高いデータを有している

<組織>

- 非営利団体である
- 契約を交わすことによって収入を得ている
- 政治的にも、経済的にも依存しない
- ISO9001 に基づいた品質マネジメントシステムを採用している (2000 年取得)

<株主>

- 約 46%がドイツ連邦政府、
約 8%が州政府 (バイエルン州 約 4%、ノルトライン州 約 4%)
残りは複数の技術検査協会が保有 (TUV、独ロイド)

<職員数>

- GRS とその子会社を合わせて約 430 人の職員が従事している。
そのうち、技術スタッフは 320 人おり、技術、物理、化学、地球科学、数学、コンピュータ科学、気象学、生物学、法律等の専門技術を有している。

<組織体系>

- 全般的な管理部門の下に7つの技術的分野を設けている。

Reactor Safety Research (原子炉安全研究)

Reactor Safety Analyses (原子炉安全解析)

Final Repository Safety Research (最終貯蔵安全研究)

Radiation and Environmental Protection (放射線防護)

Projects (プロジェクト)

Administration (管理)

Project Management Agency/Authority Support (プロジェクト管理、行政支援)

<活動拠点>

- 本部(ケルン)の他、ドイツ国内に3つの活動拠点(ガルフィン、ベルリン、ブラウンシュバイク)を持つ。

また、子会社(IS Tec 及び RISKAUDIT)はパリ、モスクワ、キエフに活動拠点を持つ。

<収入内訳>

- 2007年の収入は約5千万ユーロであり、その内訳は以下の通り。

47% : ドイツ連邦政府環境省からの委託による安全性の分析

30% : ドイツ連邦政府経済省からの委託による設備や廃棄管理に関する研究、開発

23% : EU、EBRD(欧州復興開発銀行)からの委託による設備の安全分析や海外へのスーパーバイズ、認証等

<主要な業務>

- 分析、評価業務

- ・ 国内外の様々な出来事から運転経験に関する深いところまで掘り下げた評価
- ・ 原子力施設の安全分析と評価
- ・ 確率論的安全評価(PSA)の実施
- ・ 多岐の分野にわたる分析、評価
- ・ 廃棄物処理施設の安全分析
- ・ 輸送の安全に関する分析、評価
- ・ 国内外とのパートナーとの交流
- ・ ドイツ政府への学術的な支援

- 研究、開発業務

- ・ 事故時解析ソフトウェアの開発と検証
- ・ 機器の動作と人と機械のインターフェースを調査するためのシミュレータの開発
- ・ PSAの方法の開発
- ・ コンピュータシミュレーションの不確かさの評価のための方法の開発
- ・ 関連するソフトウェアの品質評価

- ・最終貯蔵施設の能力評価に使うコンピュータモデルの開発
- ・最終貯蔵施設の安全について地質学的影響についての実験
- ・情報、記録管理システムの開発

(2) 研究、開発分野の分担

産・官・学が原子力安全に関する研究を分野に応じて分担している。

基礎研究にあつては大学に、材料に関する研究にあつては材料研究所が、応用研究にあつては GRS が、的を絞った研究にあつては工業界が分担している。これにより、技術者の人的資源の無駄遣いを防止している。

得意としているのは運転経験の詳細な分析。国内外の原子力発電所の事象からの教訓を得ている。安全性の分析・評価の全てを担っており、また、PSA による安全分析、評価方法の開発を行っている。

(3) 国際協力

ドイツ型の発電所を設置している国（オランダ、スイス、スペイン、アルゼンチン、ブラジル）の規制機関のサポートをしている。

2006 年からベルギー及びフランスと欧州 TSO ネットワーク（ETSON）を設立した。目的は、安全評価及び分析で、安全の実践の確認である。EU の各研究プログラムに影響を及ぼすことを目指している。今後も、参加国の拡張を考えている（2008 年 11 月にはチェコ及びフィンランドが参加する予定）。

西欧、南北アメリカ、アジア等との協力関係を築いている。日本の JNES とは毎年交換会議を実施している。2010 年には日本で国際会議を開催する。JAERI とも交流がある。

フランスの放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）と共同で RISKAUDIT を設立し、東欧諸国の原子力発電所の安全性改善プロジェクトを行っている。

◆ 質疑応答

Q：GRS の職員数が 2002 年以降減ってきているが、仕事の内容を変更したのか？

⇒ データ処理関係の部門を外部委託にしたため。また、退職した社員が増えたため。GRS は 70 年代に急速に成長し、当時入社した職員はほとんど止めなかったため、退職時期が重なった。若い社員を得ることは非常に難しい。訓練に大幅な投資を実施している。

日本のプレゼンテーション

日本機械学会（JSME）及び本訪問調査の目的：岡本教授

日本における新しい検査制度：JNES 小林氏

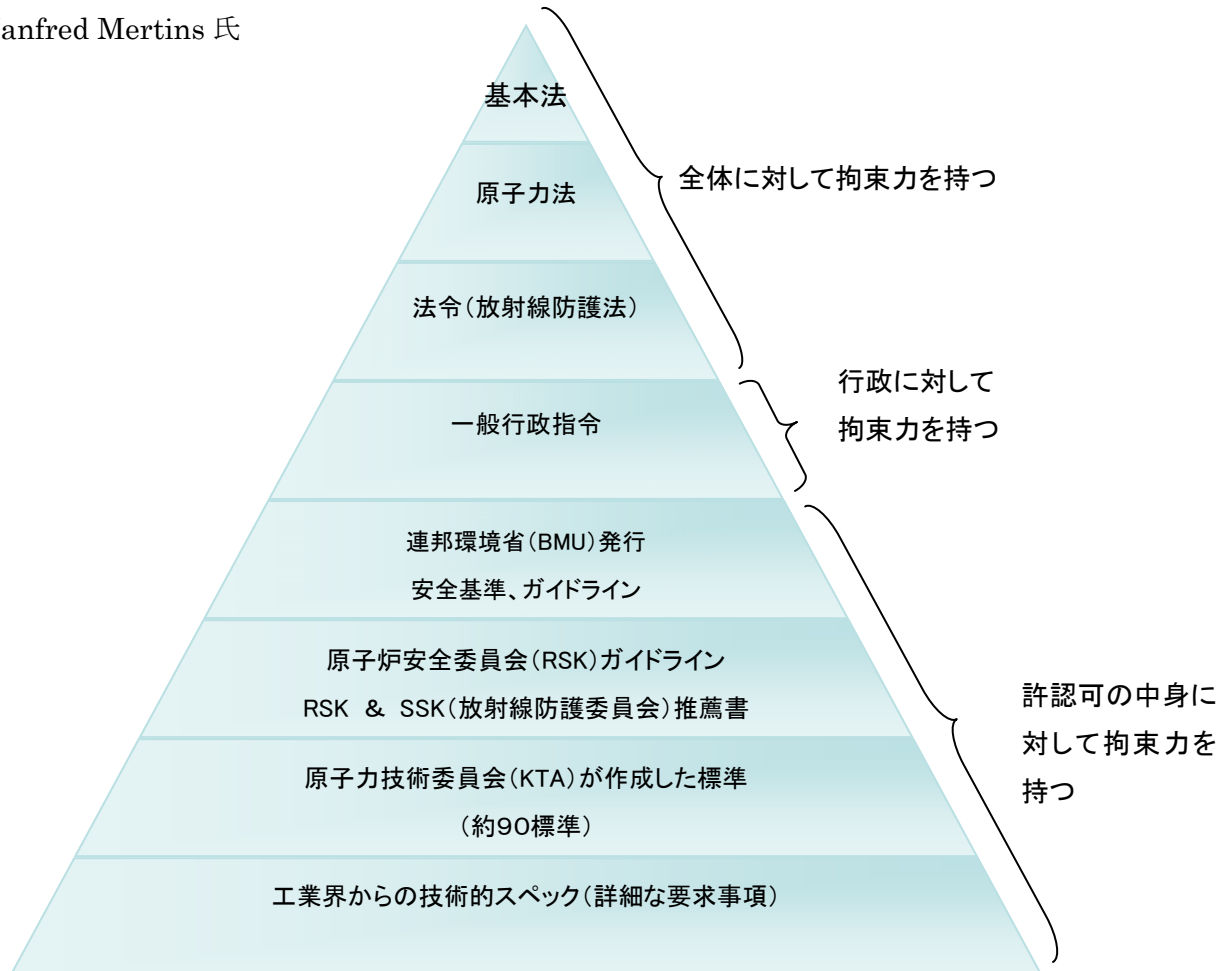
□ 質疑応答

Q : JSME の様々な研究や調査の結果は、どこに勧告しているのか。

⇒ 多くの日本の規制機関や組織に結果を踏まえた勧告を行っている。

ドイツにおける法機構体系

Manfred Mertins 氏



ドイツにおける法機構の改革

- 現在の法令は 1970 年代～1980 年代に作成されたもので、発電所の世代毎に合わせて作られたものである。従って、体系的にまとめられていないものとなっている。

また、個別の問題に対して鑑定人が現行規制と国際的な文献を元に自ら判断基準を作成しなければならないため、見直しの必要性があった。

現在、上記ピラミッドの様々なレベルにおいて、見直し作業を実施している最中である。

(法令レベル、安全基準レベル、ガイドラインレベル、KTA 標準レベル)

法令レベルに関しては来年半ばには完成する予定である。

- IAEA の IRRS を受けた。できるだけ早く、安全原則、安全要求事項を作成するよう勧告が出た。

定期検査のガイドラインを安全要求事項に合わせるよう勧告があった。現在の安全要求事

項は 1995 年に作成。

- 新しく作成される原子力発電所における安全要求事項は以下の現行ルールを基にして作成している。

- ・原子力発電所における安全基準（1977 年制定）
- ・偶発事象に対するガイドライン（1983 年制定）
- ・PWR における RSK（原子炉安全委員会）ガイドライン（1981 年制定、1996 年改定）
- ・原子力発電所における安全マネジメントシステムについての基本（2004 年制定）

- GRS は、過去に作成されたガイドラインを 12 のモジュールに分け新しいルールを作成した。

1. 基本的安全要求事項
2. 炉心設計に対する要求事項
3. 安全評価を実施する上で考慮すべき事項（運転中、停止中）
4. 炉心冷却系、圧力保持と放射能閉じ込めの設計に対する要求事項
5. 制御技術に関する要求事項
6. 安全をどのように証明するか の要求事項
7. 事故管理に関する要求事項
8. 安全マネジメントに関する要求事項
9. 放射線防護に関する要求事項
10. プラント機器、システム、コンポーネントの設計及び安全運転に関する要求事項
11. 燃料集合体の取扱及び貯蔵に関する要求事項（新燃料、使用済燃料共）
12. 非常用電源に関する要求事項

- 原子力発電所に対する安全要求事項のドラフトの基本原則

- ・Man-Technology-Organization（MTO）概念の採用
- ・深層防護の概念とバリアの概念の防護レベルに応じた安全要求事項の採用
- ・全ての運転状態を考慮すること（出力運転時、低出力運転時、停止時）
- ・決定論的な指向の安全概念との一致

- 現行規制への追加事項

- ・安全レベルに第 4 番目のディフェンスを導入、特にシビアアクシデントマネジメントガイドライン（SAMG）の導入
- ・安全マネジメントに対する要求事項
- ・安全を検証するための要求事項
- ・安全運転に関する要求事項の拡大
- ・バリアの概念についての追加要求事項

事故時及び防護レベル 4 の条件下における少なくとも 1 つの構造上バリアの保持に

についての要求事項

- ・ 運転・制御についての追加要求事項
ソフトウェアに基づく運転・制御についての要求事項
- ・ BWR についての要求事項の完備
- ・ 実証方法についての追加
不確実事象の定量を含むシビアアクシデントの続発分析
安全検証に確率論的安全評価を補足
明確な条件下での安全検証を実施

■ 見直される法規制の概要 (BMU rule-setting project)

- ・ ドイツにおける原子力法規制体系の見直しは 2003 年 9 月より実施されている。
- ・ 見直しに際しては、最新の科学技術の知見を取り入れ、総合的かつシステムの的に構成されている。
- ・ 原子力発電所における安全要求事項は、諸外国の知見も考慮し取り込まれている。
IAEA ルール (NS-R-1, NS-R-2, NS-R-3, GS-R-3) の最新版のみならず、WENRA に
る国際的な良好事例の比較も考慮している。
また、事業者からの評価も盛り込まねばならない。
- ・ 2006 年 9 月に「Fundamental Principles for the Safety of Nuclear Power Plants
-Safety Requirements for Nuclear Power Plants」ドラフト Rev.B が発行され、イン
ターネットに掲載されている。(Rev.B の英語版は <http://regelwerk.grs.de/english/>に、
Rev.C はドイツ語版のみで、<http://regelwerk.grs.de/>に掲載)
- ・ Rev.B が発行されて依頼、約 8,500 件ものコメントが寄せられ、全てのコメントについ
て評価した。
- ・ 寄せられたコメントのポイント
新しい安全要求事項は既存のプラントについても適用すべき
安全評価における PSA の役割はどのようなものか
予防保全に関する要求事項は
デジタル制御系に関する要求事項は
安全の検証に対する要求事項は

■ 現在の状況

- ・ 2008 年 8 月に「Fundamental Principles for the Safety of Nuclear Power Plants Safety
Requirements for Nuclear Power Plants」ドラフト Rev.C を発行。
- ・ 現在、Rev.C の内容について各州の規制当局と審議しているところである。

■ 今後の予定

- ・ 最新の安全要求事項は、ドイツ連邦環境省により 2008 年 11 月に発行予定。
- ・ 規制機関は安全要求事項を基準として KTA 標準が整備されるよう、後押しする。

- ・ PSR ガイドラインは安全要求事項に基づいて更新する。

◆ 質疑応答

Q:安全要求事項のドラフトを作成するにあたり、BMU Steering Group が舵取り役であるが、どのようなメンバーで構成されているのか？

⇒ 原子力発電所の安全課、連邦放射線防護省、専門家、GRS のハン氏（ダイレクトマネージャー）、原子炉安全委員会（RSK）の委員長、これを進める各組織のチームリーダー。12 個のモジュールがあるがチームは 10 名。

Q: 今回の規制体系の見直しは大掛かりなものであり、モチベーションを強く持たないとやっ
ていけないと考えるが。

⇒ 今回の見直しあっても、一切政治的な制約をうけておらず、関係者の意見の集約が
成果となっている。結果の動向に関しては事業者が最も関心を寄せている。

Q: ドイツは今後原子力発電を廃止する方向であるが、今回の見直しにあたっては新規建設も
視野に入れたものになっているのか？

⇒ 新設、既設という区別はしていない。むしろ、既設プラントに対しても最新の技術的
知見の採用要求があるため、事業者にとってはそちらの方がインパクトが大きい。安
全要求事項のドラフト(Rev.B)に対するコメントが約 8,500 件にも及んだことはその表
れである。

Q: 新しい安全要求事項を満たさないプラントは停止させることになるのか？

⇒ 満たさないからすぐ停止命令を出すことにはならない。事業者と協議の上、できない
妥当性についても勘案し、出来るだけ早く満たすように促してゆく。IAEA の IRRS で
は、既存の原子炉が新しい要件にしたがえない場合のガイドラインの作成も勧告され
た。

Q: オリキルト-3(フィンランド)は新しいドイツの安全要求事項を満足しているのか？

⇒ そうであることを望んでいる。炉心熔融時のコア・キャッチャーの構造(処理プロセス)
に違いがある。ドイツの要求事項では書かれていない。

Q: 今回の見直しの中で地震に対しての要求事項が追加されたか？

⇒ 新たな見直しの対象とはなっていない。現在、KTS 標準(マグニチュード7(リヒタ
ー測定基準))を耐震基準としている。

Q: 風力による発電量に応じて原子力も負荷追従運転を実施しているとのことであるが、原子
力の日負荷運転をどう考えるか？

⇒ たとえそういった状況になろうとも、まず火力(LNG)の発電所から日負荷運転を行

う。

その次に BWR、最後に PWR という順番になる。原子力が日負荷追従運転を強いられるのは殆どない。

Q : GRS には博士号取得者はどれくらい在籍されているのか？

⇒ 約 300 人の技術者のうち、博士号取得者は約半分である。

Q : 高経年化に対する対策 (SCC 等) はどこで研究されているのか？

⇒ 材料研究所 (MPA、BAM、IzfP) が実施している。

Q : 説明資料 p.14 の「role of the PSA in safety assessments」の意味は？

⇒ 1995 年から全プラントで PSA(運転時のレベル 1 及び停止時のレベル 2) を定期的を実施させている。事業者はリスク情報の活用を適用したいと考えているため、リスク情報を活用した意思決定のプロセスを法機構の改正で取り入れる。

Q : 法機構の改正により、原子力に批判的な州の州規制の合理化が図られるのか？

⇒ どの州も原子力に対して批判的に見ていない。全てのコメントを検討し、IAEA 等と技術的に反するものは取り込んでない。法機構の改正作業には、90 人の GRS と TUV 及び事業者が関わっている。また、反原子力団体も参加している。新しい法機構には、技術的根拠が明確でない要件は入っていない。

安全系に用いるデジタル式の計装制御に対する要求事項について

Hartmuth Heinsohn 氏

<安全システムの現状>

- 現行の安全システム (原子炉保護システム RTS,ESFAS) の計装制御技術は従来技術 (アナログ式の計装制御システム) を採用している。
- 現在、いくつかのプラントで RTS と ESFAS をソフトウェアを用いたデジタル式の計装制御システムに変更することを計画している。
- 2ヶ所のプラントがすでに RTS と ESFAS のデジタル式の計装制御システムを追加する申請を提出している。
- アナログ式の計装制御システムのスペアの確保、新しい技術の導入による既存技術の寿命延長、共通原因故障の防止のために導入を検討している。安全要件のガイドラインとしては、モジュール 5 (KTA3501) が相当する。
- IAEA では、同一のハードとソフトで構成されるシステムを 2 系統備えることを Diversity (冗長性) と定義している。ドイツでは、IAEA の定義では冗長性が確保されているとは考えておらず、異なるハードと異なるソフトで構成される同じ機能を持つシステムを 2 系統備えることが必要であると考えており、それを Dissimilarity (相違性) と呼んでいる。ドイツ国内では定義について合意に至っている。

◆ 質疑応答

Q: どうしてアナログからデジタルにするのか?

⇒ アナログ式のスペアになるものとして追設するためである。

アナログ式のシステムは古くなってきており、システムを最新の状態にすることにより、発電所の寿命を延ばすための準備をしている。

また、体系的に起こりうるエラーを最小限に押さえるため。

<規制について>

- 新しい規制は現在作成段階であり、安全要求事項や KTA 標準にデジタル制御システムの要求が盛り込まれる。
- 現在、事業者、メーカー、規制機関、技術検査協会の間で議論が行われてきた。最近、技術検査協会と GRS との間で合意を得ることができた。

<技術検査協会の意見>

- デジタル式の計装制御システムの共通原因故障 (CCF) は信頼性と設計に基づいていること。したがって、システム的な故障は設計により説明され、計装制御システムについての安全評価の中に仮定されなければならない。
- システム的な故障についての説明には、ソフトウェアの相違性とハードウェアの相違性がなければならない。
- 相違性が確保されているかについての判断基準は、以下のようなものがある。
 - ・ハードウェアの構造
 - ・ハードウェアとソフトウェアの開発ツール
 - ・開発者
 - ・製造方法
 - ・メンテナンス方法
- 故障を引き起こす原因のみならず起こさないものについても十分に検討する必要がある。
- 同時に起こる単一故障はシステム的な故障に仮定する必要はない。
- 計装制御装置のシステム的な故障が原因で事故になってはならない。
- 計装制御機能の安全性に及ぼす影響があるか分析結果によって検討し、以下のどの相違性が必要であるか判断する。
 - ・相違性は必要でない
 - ・2セットの異なった装置
 - ・3セットの異なった装置
- 手動起動が許される条件
 - ・中央制御室で操作可能であること
 - ・デジタル式の計装制御システムの独立性が担保できること
 - ・当該システムの機能が事象発生後 30 分以内は必要とされないこと

- 詳細分析についてはその計測が必要かつ十分であるか明確にするために行わねばならない。
- この分析には仮定された全ての計装制御が同時に異なった故障を起こさないこと。
- 例)
 - ・もし、保護動作が安全に指向したものであることが明確で、設計ベースの故障において 30 分より早く保護動作が必要であるならば、2つの異なったセットの計装制御システムが必要である。
 - ・もし、保護動作が安全に指向したものであることが明確でなく、設計ベースの故障において 30 分より早く保護動作が必要であるならば、3つの異なったセットの計装制御システムが必要である。
- もしこれらの要求事項に適合するものであれば、アナログ式の追加のバックアップシステムは必要ない。
- デジタル式の計装制御システムとは別として、非常用操作手順を準備し、実行できなければならない。

全般的な質疑応答

Q : MTO を担当しているのは文系の人ですか？

⇒ ヒューマン・ビヘイビアのテーマに関しては、エンジニア、組織学、心理学の人が参加している。心理学は 1 あるいは 2 人。全部で 5 人。専門大学の知識を参考にしている。

Q : 最初のプレゼン（資料 - 1）の p14 で、「oriented」を使用している意味は？

⇒ 基礎だけでなく、応用も含んでいるとの意味。

Q : 同ページの「special phenominan」とは？

⇒ 水素関連の事象、反応性。

日本機械学会「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」第3次訪欧調査議事録

1. 日時

平成 20 年 9 月 25 日（木）9:00 ～ 12:30

2. 場所

Bel-V（ベルギー、Brussels）

3. 出席者

【BEL-V】

Ir.Benoit De Boeck	General Manager（社長）
Dr.Ir.Pieter De Gelder	Department Head,Nuclear Safety & Radiation Protection Assessment（評価・審査部長）
Dr.Ir.Henri Drymael	Department Head,Nuclear Safety & Radiation Protection Inspection（検査部長）
Ir.Marc Dubois	Electrical and I&C Systems（電気システム&高経年化評価課長）
Ir.Pierre Mignot , M.Sc.	International projects coordinator（東欧支援、技術教育課長）

【機械学会訪欧調査団】

岡本副団長（団長代行）（東京大学）、小林幹事（原子力安全基盤機構）、高木（東北大学）、奈良林（北海道大学）、古作（原子力・安全保安院）、中田（原子力安全基盤機構）、辻倉（電気事業連合会）、吉松（日本原子力技術協会）、若林（東北電力）、五十嵐（東京電力）、成瀬（中部電力）、栗山（北陸電力）、出野（関西電力）、豊嶋（中国電力）、伊藤（日本原子力発電）、佐川（日立GEニュークリアエナジー）、清水（東芝）、宮口（三菱重工業）、森本（日本エヌ・ユー・エス）、富田（日本エヌ・ユー・エス）

【その他出席者】

平尾（通訳：9/25-26）小倉（グロリアツアーリスト）

4. 資料

資料-1：Bel-V の概要

資料-2：Inspection des centrals nucleaires en fonctionnemen

5. 議事

（1）機械学会調査団の目的 東京大学岡本教授 9:15 ～ 9:40

岡本団長代理より、今回の調査団の紹介(目的)が行なわれた。

「日本の定検間隔は国で 13 ヶ月と決められており、稼働率にも影響している。このため機械学会はエンジニアリング集団(NISA のメンバーも一部含まれる)としてチームを構成して、国に提

案を行なってきた。新検査制度は9月に省令公布され、今後はプラント個別に審査し18ヶ月、24ヶ月運転が可能となる。今回の調査の様に他国の経験はとても貴重であり、我々も今後稼働率90%台を目指したい。」

(質疑応答)

Q(Bel-V)：機械学会のみが提案しているのか？またどの様に反映するのか？

A：他にも原子力学会等がある。調査団には規制側の人間も入っており、多くのレポートを書き、システム変更の提言を行ってきた。

NISAとしては他にも検討の場はあるが、機械学会の提案をも踏まえて、検査制度について検討してきた。日本では社会的な同意が重要なファクターであるので、そうした同意を得るため、3年かけて審議してきて、ようやく制度を改正することができた。新制度の運用に入るのは、来年の4月であり、それに向けて、今回の調査で得られた知見も踏まえて、運用して行きたい。

このチームは、議論のスタートのトリガー的存在である。

Q：日本は米国の規制と同一ではないのか。米国をまねするのが簡単なのではないか？

A：法律は複雑である。他の世界も参考にしたいと考えている。

(2) BEL-V の組織と役割 Ir.Benoit De Boeck 氏 (資料1参照)

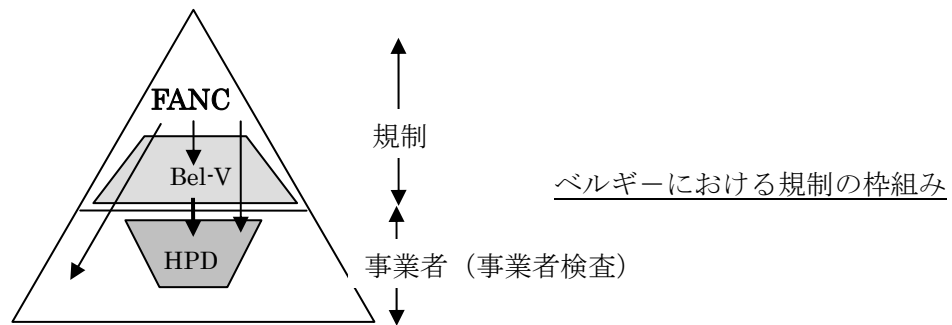
BEL-V は、連邦原子力管理庁 (FANC) の付託を受けた執行機関であり、ベルギーの法令の枠組みにおいて原子力施設を監督している。日本では JNES に相当する。なお、FANC は NISA に相当する。

a. Bel-V の発足の経緯

Bel-V の前身はベルギー最初の原子力発電所である Doel1,2 の建設、安全解析及び事業開始の許可を与えるため、Vincotte(国の全般的な規制監督機関)の原子力部として 1969 年に発足した。その後、幾つかの吸収合併を経て、2008 年までは FANC のもとに、AVN (原子力)、Controlatium (医療機関)、Techi-Test (工業) の3つの検査機関があり、AVN は原子力施設の安全に関わる検査を実施していた。

昨年の議会決定により、安全規制機関と検査機関との連携をより図るため、2008 年 4 月に組織改正が行なわれ、AVN が Bel-V と AVN に分離された。Bel-V は FANC の関連機関として、従来 AVN が行なっていた規制活動はすべて Bel-V に移管された。なお、AVN は、原子力安全に関するコンサルタントのみを実施している。

ベルギーの法律により、事業者は事業者検査が義務付けられており、BEL-V の任務は事業者側の検査の実施状況を確認することである。なお、FANC の任務は、主に規制ルールを定めることと、全般的な監視を実施することであるが、核不拡散もその任務の内である。



b. ベルギーにおける法令

放射線防護、原子力安全に関する任務は複数の省庁が担っていたが、1994年4月15日の法律(Law)で一元的に扱う FANC 設立が規定された。なお、2001年7月20日の王令(Royal Decree) (省令に相当)により、一般・職員の環境安全、放射線防護、設置許可について具体的な実施要領が規定され、FANCは2001年9月1日に活動を開始した。王令には原子力安全の技術的な要件については、具体的に定めていない。

原子力施設が具備すべき技術要件については、法律及び王令にて具体的に規定するものではなく、発電所許可時の文書(SAR : Safety Analysis Report)にて規定されることになる。今後はWENRA(西ヨーロッパ規制機関)で、国の規制の補足が考えられる。

各原子力施設に出される許可は、BEL-VとFANCの承認により変更可能であり、このシステムにより柔軟に原子力安全の規定を変更可能である。この柔軟性により、法律を変えることなく、運転周期を12ヶ月から18ヶ月に変更することができた。

c. Bel-Vの組織

技術部門は、原子力安全検査部、計画・品質管理部、原子力安全・放射線防護部の3つがある。

原子力安全検査部には、Dole 発電所担当、Tihange 発電所担当、研究炉と燃料サイクル担当、医療・工業担当の4つの課がある。なお、原子力安全・放射線防護部にも4つの課がある。

d. Bel-Vの基本役割

BEL-Vの基本的な役割は、FANCに対して技術的な支援を行うことであるが、事業者による安全評価の確認、新設原子力施設の適合性の確認、既存の原子力施設の改造に係る適合性の確認、原子力発電所における検査(技術安全的な側面の書類検査で溶接検査は含めない)(安管審に相当するもの)を実施している。

(a)検査・審査対象

- ・ 7基の原子力発電所 (Doel : 4プラント、Tihange : 3プラント)
- ・ Molにある研究炉 (SCK、CEN)
- ・ 廃棄物処理施設 (Belgoprocess)
- ・ MOX燃料工場 (Blgonucleaore) 【解体中】

- ・国立放射性物質研究所（IRE） ※今年の8月に INES のレベル3の事象があった
- ・実験炉 Thetis（UGent）【停止しており、解体待ち】
- ・各物質を扱っている大学及び医療機関

(b)Bel-V の運営方法

Bel-V はその任務として、事業者の計画（定期安全レビュー、蒸気発生器の取替えなど）の審査及び原子力発電所での検査を実施しているが、これを縦方向の機能とすると、TRC（Technical Responsibility Center）といういろいろな分野の専門家で構成される支援組織が横の組織としてあり、審査や検査業務とは独立した組織として全体の知識を補っている。

TRC の専門分野は TRC リストに纏められており、これは米国の標準や規格を参考にしたもので、リストの番号も USNRC 安全解析報告書の章節番号に合わせている。（例；200 外部ハザード・気象、400 炉心設計、700I&C、2100 シビアアクシデント）

e. Bel-V の全体的な活動

- ・国内外で活動としているが、国内は主に原子力発電所の検査・審査を実施しており、国外では IAEA の WG に参加している。
- ・国内外の運転経験の反映
- ・職員訓練として、詳細な導入教育と再教育を実施
- ・研究開発
- ・技術図書の整備

（質疑応答）

Q：規制側の人数は？

A：現在 FANC が 140 人、Bel-V は 50 人強（事務職 9 人、技術職 37～38 人）である。AVR からの移転時、7 人が AVR に残ったので、今後不足分を集中的に雇用し、60 人体制に持って行きたい。45 人は移転後も従来と同じ仕事に付いている。

Q：TRC のメンバーは Bel-V の職員か？

A：そうである。TRC は横断的組織であり、各専門分野に沿ってメンバーは一人 2～3 件のタスクに参加している。これは、全体人数が少ないので、仕事に柔軟性を持たせたやり方である。

Q：Bel-V の基本的役割は、書類検査か？

A：事業者に立ち会った検査をレポートにまとめ、FANC の技術的サポートをすることである。

（資料 1 のうち、検査にかかわる部分は、詳細を次の Dr. Ir. Henri Drymael 氏が資料 2 で説明することになった）

(3) 原子力発電所に対する検査制度 Dr.Ir.Henri Drymael 氏 (資料 2 参照)

a. 検査の方針と方策について

事業者は施設の安全の責任を持ち、Bel-Vはその監督と規制役割を持つ。規制を行なうにあたっては王令が存在し、例えば事業者の定期的な検査の確認が義務づけられている。SCD(事業者検査)の承認はFANCとBel-Vが行なう。改造については、事業者が先ず確認し、それを受理したBel-Vが検査し承認する必要がある。その他の特定任務として放射性廃棄物の検査がある。原子炉安全については、米国のNRCのルールを参考にしており、ASMEの規格を準用している。

b. 検査の目的

- ・事業者の法令遵守の確認
- ・自分たちの規制義務の確認
- ・事業者の安全管理レベルの劣化の早期検知を行い、事業者に防止策を促したり推奨したりする。
- ・万一劣化があった時は、FANCに介入を要請するためにも安全評価が必要)
- ・検査の手順は複雑で、電力により異なる。
- ・検査の進め方は、電力の安全文化に柔軟に対応する。電力の定検に順応し、電力の人的資源にも柔軟に対応しなければならない。
- ・事業者の支援機関の質的検査

支援機関とは、関連会社のトラクテベル研究所(原子力発電所の土木建築会社)、燃料を提供しているAREVA、非破壊検査などを実施する会社などを指し、監査型で品質が確保されていることを検査することになっている。(Q&Aで確認)

検査に当たっては、Bel-Vの実施する検査ボリュームが大きいいため、Bel-Vの限られた人的資源(専門家)を効果的に当てはめなければならない。

c. 安全を評価するための方法

現地に検査官が常駐している訳ではないが、常時コンタクトをとっているため、常時検査を実施している状態と認識している。次のような手順に従ったアプローチを取っている

- ・事業者の組織、施設の変更に関する分析
- ・文書審査(報告書、技術的な記録、作業手順の審査)
- ・運転経験の活用に関する分析
- ・大きなプロジェクト(例えば、定期安全レビュー等)
- ・他の電力が実施している事例との比較

現地における検査は全体の一部でしかなく、また、規制の厳格な遵守だけでは安全レベルの十分な保証にはならないと考えている。

d. 現地での訪問検査(現地に検査官が出向いて実施する検査)

各原子炉に対して、1人の担当責任検査官がおり、その担当検査官はTRCの専門家による技術支援を受けている。例えば、TRCの専門家は担当検査官に対して、どのような項目を検査すべ

きかとの推奨を与えることもできる。

なお、訪問検査には、「体系的検査」「テーマ型検査」「特別検査」の3つのタイプがある。

(a)検査手順

Tel-V は、国内や国外での過去のプラクティスや経験に基づいて、検査計画を立案し、以下の手順により、「検査」「話し合い」「質問」「書類の審査」を行っている。

- ・事業者が設計に対する十分な知識を持っており、技術的な支援ができているかどうかを確認
- ・事業者が施設の運転、改造について十分な知識を持っているかどうかを確認
- ・原子力発電施設に係る知識を有して管理しているかを確認
- ・組織、責任の明確化、職員の能力について確認
- ・通常時と異常時のプラント状況をどのように見極め（例えば、手順に従った管理）しているかを確認

(b)体系的検査

あらかじめ計画された体系的な検査である。これは、まず「施設状況の写真撮影」を行ない、状態を写真で把握し、運営状況が適切かどうかを確認する。その後、Bel-V の担当検査官が施設を訪問して、事業者とインタビューを行い前回の訪問以来、何が行われたか（例えば、中央制御室に行って、発信したアラームが何で、どのように対処したかなど）の説明を管理者から受けることになる。

一般的な施設の状況を確認することを目的としているため、アクセス可能なすべての場所に立ち入ることができる。

なお、最低、2週間（15日間）に1度実施しているが、できれば、週に1度実施したいと考えている。特に、燃料交換停止時期には、週に数回実施している。

(c)テーマ型検査

あらかじめテーマを決めて、ある一つの側面に対して、その全体的な背景を手順に従い確認することを目的としている。そのテーマ（例えば、施設の保全や放射線防護の管理など）の責任者に、説明してもらうことになる。

テーマによって周期が変わり、1年に1度とか、3年に1度といった頻度で、1回あたり半日程度で実施している。

特に、品質マネジメントシステムは3年に1度の頻度で実施しており、以前に比べて増えている。これは、事業者側で人的パフォーマンスを安全政策として、展開していることによると考えられる。

(d)特別検査

事象が発生した時に実施される細かい調査だとか、改造等特定の課題に対する技術的な解析など、一つ項目に対して、深く掘り下げることを目的としている。

なお、「体系的検査」「テーマ型検査」の結果を踏まえて、気になる課題が出てきた場合にも実

施しており、頻度は必要に応じてであり、検査官の判断に任せている。

この他にも内部監査、外部監査（OSART）などの報告書をもとに評価を実施している。

e. 検査による現場訪問後に作成される報告書

作成された報告書は、他の検査官に読み直してもらってから、FANC に送っている。

(a) 訪問の都度作成される報告書の目的と内容

報告書には、検査で得られた主要な情報、検査により監督した事項など、検査の実績がまとめられているが、技術的な監督事項や対話内容を可能な限り明確に客観的に書くことが必要である。

その中には、事業者に対する改善指示など「要請」も含まれるが、事業者に迅速な対応を求めするために、短く、簡潔な表現で、要請する課題が特定可能で明確となるように心がけている。なお、報告書作成後、口頭でも事業者に伝達している。事業者は、この報告に基づき改善を行なうことになる。

原則として、毎回訪問する度に報告書が作成されるが、燃料交換停止中に集中して訪問した場合、いくつかの訪問に対して、一つの報告書にまとめることもある。ただし、その場合は、どの訪問についての報告書であるか対象を明らかにする必要がある。

また、報告書は、TRC など BEL-V 内、FANC に対する情報提供にもなる。

(b) 定期的作成される評価報告書

1年に1度定期的に「『要請』に対する事業者の対応状況に関する評価」を報告書としてまとめている。これは、決められた時期に実施しているので、原子炉の停止時期にはよらない。

なお、BEL-V と FANC の内部で活用するための評価であるが、事業者にも提示して『要請』への対応を促している。

f. 『要請』を受けての事業者による改善策の実施

Bel-V は、検査及び安全評価、プロジェクトの審査を受け、報告書にて事業者に行動を要請するが、報告書だけでなく、手紙により『要請』することもある。

Bel-V からの『要請』を受け、具体的にどのような対策をとるべきかの責任は事業者が負っているため、Bel-V はどこに問題があるかについては指摘するが、どのように行動すべきかについては、事業者にて検討してもらうことになる。

なお、行動の種類によっては、期限を付すことがあるが、安全の重要性、作業の規模、利用可能な資源の状況を勘案して、事業者と BEL-V 側で同意した上で、期限は決める。

また、事業者側で改善策が実施されると、その実施状況を BEL-V にて確認するという独立したやり方を取っている。場合によっては、事業者との会合を開いて、改善の進展について、検討することもある。事業者の改善策実施に対する管理方法についても審査事項であると考えている。

(質疑応答)

Q：検査を実施することにより、事業者の負担が増えない工夫はしているのか？

A：「体系的検査」においては、半分は検査官自らの観察であり、残りの半分は発電所職員との対話になるので、半分だけが負担になるといえるが、事業者にとって負担であるとは思っていないし、過去に事業者から苦情があったこともない。「テーマ型検査」は半日～1日程度の負担である。

なお、書類はメールでのやり取りや、現場で提供してもらうこともあるが、これは事業者の負担とは考えていない。

Q：「体系的検査」の設備は決められているのか？

A：検査項目、設備は決まっていない。アクセスフリーであるので、どこを検査するというのは、事業者の許可を得るものではない。それに事前に知らせる必要はない。放射線管理区域を除いてはアクセス自由である。

Q：1年に1回の「体系的検査」とは？

A：起動/停止等とは関係なくカレンダー通りに1年に1度の頻度で実施している。これは主に Bel-V と FANC 内部で使われるが、その結果は電力にもレスポンスを促すために提出する。

Q：「テーマ型検査」のテーマはいくつあるか？

A：テーマは、化学管理、緊急時の体制、火災防護、電気工作物の保全、品質マネジメントシステムなど10～15のテーマを定めている。

Q：「特別な検査」の実績は？

A：事象発生がなければやらない。検査の指摘等、検査官の判断に任せてある。

Q：検査は2007年で何回あったか？

A：Tihange 発電所における2007年度実績では、各原子炉に対して、「体系的検査」は40～45回、「テーマ選定型検査」は10回、「特別な検査」が25回、発電所全体に対する検査を20回実施した。

Q：プラント再起動時に立ち会っているのか？また、再起動の手続きはFANCに対して求めるのか？

A：アクセスフリーであるので、プラント起動時であっても要求すれば立ち会える。再起動の手続きは、物理試験の結果と設備がすべて整っていることを確認して、BEL-V が起動許可を出している。いまのところ、FANC の了解は必要ない。

Q：Bel-V の担当検査官の発電所の変更はあるのか？ 休んだ時の支障はないか？ 検査官は発電所のみか？

A：BEL-V の職員が37名と多くないこと、Tihange 発電所はフランス語圏、Doel 発電所はフ

ラマン（オランダ）語圏であることから、発電所間での担当の移動というのではない。ユニット毎に1名ずつ、合計7名の担当があてられているが、各担当者は他の原子炉の知識も持つようにしているので支障はない。ユニット責任者会議などを通じて、同じサイトの他の原子炉の知識を共有しているため、他者をサポートする体制はもっている。発電所の担当検査官は TRC のメンバーでも有るが時間的に余裕がない。特別な事象発生時は意見を述べてもらっている。

g. オンラインメンテナンス

設備の保全是、原則として、要求される状態（プラントの停止など）になっていないと、実施できないことになっている。

ただし、例外として、事業者により安全にとって影響がないことが証明されれば、届出により実施できる。そういった例外となるオンラインメンテナンスの『設備リスト』が作成されている。

そのリストには、設備の種類、保全内容、使用不能となる期間、その間利用できなくなる機能が記載されており、Bel-V によって承認されなければならないが、事業者側の自主検査に係る責任者から BEL-V に手紙（署名入り）が送られてくるので、それを審査する手続きをとっている。

また、リストにより計画されていない予測されていなかった保全を実施しなければならない場合は、例外として申請することができるが、事業者側は原子力発電所を停止しないで保全を行う必要性和安全には問題ないことを証明し、Bel-V に申請しなければならない。これは、年に数回しか発生していない。

(質疑応答)

Q：予測していなかった保全の承認方法は？

A：事業者の責任者から手紙を出し、Bel-V はそれを審査し承認する。

Q：例を使って説明して欲しい

A：例えば、ポンプのトラブルが発生した時で、保全が必要だが運転にも影響する場合は、その保全が安全上問題あるならば停止して保修する。もし事業者が、安全上問題ないと言う証明が出来ればよい。

Q：安全には問題ないことの判断には何を使うのか？

A：難しい質問だが、運転中に保全しても安全であることの判断は、PSA を活用した定量評価ではなく、技術者の経験による質的判断と Bel-V の工学的判断による。

h. 安全文化と事業者のイニシアチブ

電力は一義的に施設の安全に対し一義的責任を持っており、安全声明を出している。

ヒューマンエラーの提言がメインであり、特に Tihange 発電所についてはこれに力を入れている。

Bel-V の役割は解決策の提示ではなく、事業者の安全パフォーマンスを評価し推奨することで

ある。

(質疑応答)

Q：事業者が BEL-V の推奨を実施しない場合、再起動承認に影響するか？

A：BEL-V は、検査を実施して、改善策を要請する立場にあり、事業者が改善策を実施するように、話し合いにより説得することになる。ただ、安全上、重要な案件であるにも係わらず事業者側が対応しない場合には、FANC にそれを知らせることになる。その場合、FANC の介入により、運転停止命令を出すということも可能となる。

Q：電力のリソースとの問題があると思うが、これも話し合いで解決していると言う事でしょうか？

A：「要請」のうち、安全上、重要なものは迅速に対応してもらわなければならないが、そうでないもの（特に、PSR）は中長期的にしっかり実施してもらうことが大切であると考えている。

Q：安全宣言とはどのようなものか？

A：安全宣言には、2 つタイプがあり、1 つはマネジメント側が作成する 1 ページのものであり、もう一つが各部署の掲げる目標(2 ページ程度)なり、期待が細かく記載されたものである。この他に安全宣言をまとめた 100 ページぐらいの冊子があり、職員全員に配布されている。最近の事業者による主要な取組みとしては、ヒューマンエラー低減がある。特に、Tihange 発電所では人的なパフォーマンスに係る政策として、教育に力を入れている。

Q：安全文化は高経年の観点でもやられていると思うが、Bel-V に高経年化、安全文化に係る専門家はいるのか？

A：高経年化の専門家は 2、3 名いるが、より専門性が要求される案件（例えば、機械的な部品、電気部品、建物）に対しては、別に専門家を呼んで対応している。高経年化についての TRC は存在しなくて、都度、プロジェクトとして対応している。また、心理学者など安全文化に係る専門家は TRC も含めて BEL-V にいないが、国際的な基準を満たすようにすべての職員がこの精神で努力している。

Q：QA についてはどうか？

A：不必要な負担については話し合われている。QA は検査のプログラムの中に含まれており、各プラントの責任者と話し合っている。体系的検査の中でも必要であれば話し合う。一般的に QA の比率は以前より増えている。これは事業者が人質管理を展開しているからである。

i. ALARA について

検査内容には ALARA と放射線防護が含まれている。「体系的検査」(燃料取替停止時)ではこの内容が確認される。例えば、現場で職員の行動を観察したり、どのような方策を取り努力しているかを話し合う。停止後の「特別訪問」では被曝量、考えられる事象、緊急時対応を話し合う。

(質疑応答)

Q : HPD とは何か？

A : HPD とは、ベルギーでは法的に使われている用語で定期検査を実施している部署をさす。フランス語で言う SCP (定期検査を実施している部署) のことである。BEL-V は、事業者のこの部署とコンタクトをとっている。

Q : 事業者が行なった検査報告書は公表しているのか？

A : Bel-V の報告書は非公開である。ただ、今後 FANC にて公表するとの計画がある。

Q : Decomendas と Decomend の違いは？

A : 内容の重要性によって異なり、Decomendas は報告書とレターが含まれ勧告に近い。Decomend は報告書のみである。BEL-V の「要請」つまり勧告には、法的効力はないが、必要があれば、FANC が法的効力を持たせて行使することは可能である。ただ、そのようなことはこれまでない。Bel-V の勧告に対して事業者には真摯に対応頂いている。

Q : 三つの検査のうち、SG 等の NDI は事業者が実施するのか、それとも第三者機関か？また、Bel-V の検査として、技術基準の適合性を直接確認することはあるか？

A : SG 配管検査は、事業者とは異なる別の企業が実施しており、その報告書が Bel-V にも届くので事業者が何をやっているのか確認できる。事業者による保全については、事前に計画を知らせてもらっているため、例えば事業者が外部の企業に点検などを外注したとしても、その結果が Bel-V には報告されるので、それを確認することになる。

非破壊検査、放射線検査などを直接実施することではなく、BEL-V の検査官は、TRC の専門家と協力して、書類確認を実施している。つまり、技術基準の適合性を直接確認することではなく、プロセス監査型になっている。

以 上 (出野、伊藤記)

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」 第3次訪欧調査議事録

1. 日時： 平成20年9月25日(木) 14:00～ 17:30

2. 場所： BEL-V事務所 (ブリュッセル)

3. 出席者：

【BEL-V】

De Boeck: General manager

H. Drymael: Department Head Nuclear Safety & Radiation Protection Inspection

P. Mignot: International projects coordinator

De Gelder: Department Head Nuclear Safety & Radiation Protection Assessment

M. Dubois: Electrical and I&C Systems

【機械学会訪欧調査団】

岡本副団長(東京大学), 小林幹事(原子力安全基盤機構), 五十嵐(東京電力), 出野(関西電力), 伊藤(日本原子力発電), 大山(エナジス), 栗山(北陸電力), 古作(NISA), 佐川(日立GE), 清水(東芝), 高木(東北大学), 辻倉(電事連), 富田(日本エヌ・ユー・エス株式会社), 豊嶋(中国電力), 中田(原子力安全基盤機構), 奈良林(北海道大学), 成瀬(中部電力), 宮口(三菱), 森本(日本エヌ・ユー・エス株式会社), 吉松(日本原子力技術協会), 若林(東北電力),

【その他出席者】

平尾(ベルギー通訳), 小倉(グロリアツアーリスト)

4. 資料：

資料-1: Competence and training of regulatory inspectors in BEL V (フランス語)

資料-2: 日本における性能指標の活用(TSOと規制の評価)とPSAの活用状況(JNES)

資料-3: Periodic safety review for the Belgian NPPs

資料-4: Ageing management program of the Belgian NPPs

資料-5: future challenging issues

5. 議事概要

(1) ベルギーにおける規制検査官の能力と訓練

◆ 発表者: Mignot (BEL-V: International projects coordinator)

a. ベルギー規制当局における専門家の教育について(その目的)

- 原子力施設の安全性と信頼性は、それに関与する職員の能力と資質に掛かっている。ベルギーにおける規制当局とは、FANCとBEL-Vと両方であるが、今回はBEL-Vについて説明する。
- 職員の教育は、資格と能力を「確保」するために展開し、実施されなければならない。そしてそれを「維持」しなければならない。ここでいう「確保」とは最初に行う導入教育の意味であり、「維持」とは再教育の意味である。
- 教育管理の責任は、BEL-Vの社長にある。Mignot氏は、テクニカルトレーニングマネージャーである。
- 教育管理には、雇用のアプローチと教育のアプローチがある。

b. 雇用のアプローチ、雇用のあり方について

- インターネット、メディアに広告を載せる。広告には、大学卒のエンジニアあるいは物理、核化学専門家で大学卒業者を応募する。書類選考、インタビュー、面接、健康・精神診断を経て雇用の決定を行う。
- 新人に対する標準の試験期間は、6～9ヶ月。コーチと人事管理者が付いて教育プログラムを管理する。

c. 教育のアプローチについて

- SAT（システムチック・アプローチ・トレーニング）と呼んでおり、5段階ある。
- 第1段階として、採用されたばかりの職員にどのような教育が必要か分析する。これは、大学でどのような教育を受けたか、BEL-Vにおいてどのような業務を担当するかにも依存する。
例えば、担当責任検査官への要件は、クラス1でなければならないとFANCで規定されている。これは、原子力安全において3年間の経験が必要ということ意味する。
- 第2段階として、必要な教育内容を特定し、教育をプログラミングする。これは、ひとりひとり異なる。
⇒ 初期教育、特別教育、再教育の3種類のプログラムがあり、特別教育は、業務に固有の教育プログラムである。
- 第3段階は、教育のための文書である。これは、ベルギーのような小さい国においては難題である。自国の言語による文書（マニュアル）が存在しないからである。このため、仏国のマニュアルを使っている。
⇒ 記述的なマニュアル以外に、作業手順、規則に関するもの、OJT用の教材（英語でセルフスタディーに相当する）がある。
- 第4段階は、教育の実施である。教育の内容の選択は、技術訓練マネジャーと人事管理者によって行われる。
- 第5段階として、教育の有効性を評価する。
⇒ 教育が終わると証明書を出す。また、教育を受けた人に意見を聞くために報告書をまとめてもらう。そして一番最後に重要な点は、日常の作業のパフォーマンスを見て評価を行う。

d. 初期段階の教育について

- すべての教育の初期段階で導入され、外部で受けるものと、内部で受けるものがある。
<外部教育>

- PWRの機能と運転（3週間）
- 炉物理（2週間）
- 原子力安全（2週間）
- 放射線防護（2週間 ⇒ 検査官はもっと長い）
- 放射性物質の輸送（2日間）
- シミュレータ（4週間×2回＝8週間：検査官のみ）
- PWR原子炉の研修（3ヶ月：検査官のみ）
⇒ 海外で実施する。通常はフランス、オランダで行うこともある。
- 一般的な安全に関する教育
⇒ 事務所勤務者（12週間） 検査官（36週間）

- 事務所勤務者は、BEL Vの仕事の仕方に慣れてもらうことが重要。特にBEL Vの品質管理システムに慣れること、ベルギーの原子力関連法規に慣れることが大事である。
- 検査官については、プラントに関する知識を得る必要があるため書類を大量に読む必要がある。

- 品質管理システム（QMS）については、QMSがBEL-Vすべての活動に組み込まれている。

⇒ AVNの時代にISO9000を受けていたが、BEL-Vになって組織が変わったため

に取り直す必要があった。

⇒ QMS では、12 のプロセスに分けて整理しているが、教育は、人事管理 A08 に含まれる。 2つの項目があり、上記の内容が網羅されている。

<質疑応答>

Q: シミュレータによる訓練期間が8週間というのは長いと思うが。

A: 事業者における職員の訓練期間と同じにしている。事業者と一緒に訓練を行う訳ではないが、同じトレーナーが同じシミュレータを使って訓練する。 また、Doel と Tihange の両方で行っている。

Q: クラス1以外にもクラス2の検査官がいるのか?

A: クラス1とは原子力施設のこと。クラス2、3は、病院、大学などである。

Q: 既に資格を持っている人の再教育はどの程度か

A: シミュレータによる再教育は、1年に1回を目標にしている。
例えば、エキスパートの配置が換わる場合も再訓練と位置づけている。また、エンジニアで検査官でない人は、ひとつの分野の専門家であることが多いので、ポジションが変わった場合には、WGなどに参加して再訓練する。

Q: BEL-Vの教育レベルが高いとか低いとか事業者からアンケートをとっているか?

A: 事業者から意見を貰うことはある。 レベルが低いという指摘を受けたことがある。

Q: 新規雇用者について、大学の分野、機械工学とか電気工学もあっても良いのでは、 また、優秀な学生は取れるか?

A: 大学のエンジニア or 核物理の資格保持者ということであり、幅広く採用している。
原子力は、魅力的ではないので、雇用は難しい。ベルギーでは、原子力をやめることになっていることが影響している。
この分野での学生が減っており、また、事業者側の雇用と競合している。

Q: コーチの資格はあるか?

A: 経験等を考慮して職員のなかから選任されるが、特別な資格はない。

(2) 日本における性能指標の活用 (TSO と規制の評価) と PSA の活用状況

◆ 発表者: 小林 (JNES)

- 日本での原子力発電プラントの状況の概要説明
- 新しい検査制度における性能指標 (PI) の位置づけとその内容の紹介
- 重要度決定プロセス (SDP) の中でのリスクの活用
⇒ 現在、PI と SDP をトライアルしているところ。 来年の4月から本格的に運用する予定である。

<質疑応答>

Q: PIについて、NISA と JNES で独自にデータを収集するのか？ 事業者が提供するの
か？

A: トライアルでは、JNES でデータを集めて評価している。(JNES だけで収集可能である。) 本格運用段階での取り扱いについては、来年の3月までに最終決定する。

Q: パフォーマンスを基準にした検査について、コピーはもらえるか？

A: 問題ない。パフォーマンスによってどのような規制にするかは、2009年度いっぱいかけて検討する予定である。

Q: Risk Informed SDP は、JNES で開発したものか？

A: YES。

Q: PSA について、日本では多くの発電所をカバーする必要があると思うが、どのような種類があるのか？

A: 現在は、PWR : 4タイプ。BWR : 4タイプについて準備している。例えば、PWR では、2ループ、3ループ、4ループ、アイスクонденサーのあるプラントの4タイプである。

(3) ベルギーにおける定期安全レビュー (PSR) について

◆ 発表者 : De Gelder (BEL-V : Department Head Nuclear Safety & Radiation Protection Assessment)

a. PSR の法的な枠組みについて、

■ NPP のライセンスは、10年毎に更新され(義務)、事業者と認定機関である BEL-V 共同で実施することが規定されている。最新の規制に適合しているか、他の国と比較して問題ないかの検討を行う。

⇒ ベルギーでは、NPP の寿命は規定されていない。10年毎のライセンス更新だけである。しかし、政治的な判断により脱原子力政策がとられたため、プラントの運転期間は40年までとなった。

⇒ PSR の評価は、事業者と BEL-V が共同で報告書を作成して、規制当局 (FANC) に提出する。

■ PSR では、まず、①現在のプラントの状態と、現在の安全ルールやプラクティスとのギャップの評価を行い、つぎに、②どれだけギャップを許容できるかの評価を行う。そして、③必要な場合は、逸脱を改善するための方策を提案し、④改善策を実施するためのスケジュールを定める。

b. PSR の目的について

■ PSR の目的は、現在のプラントの状態が、当初設計された当時と同じくらい安全かどうかを確認し、これから、10年間安全に運転できるかどうかを確認することである。

■ 国際的に存在する最新の安全基準と比較を行う。

c. PSR の手順は以下の通り。

■ まず、PSR で扱う課題を選定する。(事業者と BEL V が共同で)

■ 次にその課題の検討を行い、その結果を FANC にレポートする。

■ それが、FANC に承認されたら、各課題に対する詳細な内容についてエンジニアリ

- ング的な検討が行われる。
- 最後に FANC の承認により、10 年間のライセンスが付与される。
- d. 現在の PSR の状況は以下の通り。
- 1975 年に運転開始された Tihange-1、Doel-1、Doel-2 は、3 回目の PSR を実施中。1982～85 年に建設された Tihange-2、Thihange-3、Doel-3、Doel-4 は、2 回目の PSR を行っている。
 - これまで、合理化の観点から各プラントに共通の課題を抽出する努力を行ってきたが、特に古い Tihange-1、Doel-1、Doel-2 については、個別に特定の課題もある。
- e. 典型的な PSR の課題について
- USNRC、IAEA 標準や最新の規則を分析しているが、典型的には米国で使われている「解決されない課題 (unresolved safety issues and generic issues)」をベースにしている。
 - 新しいプラントについては、すべての課題への適合性が検討されるが、古いプラントでも出来るだけ適合できるようにしている。(例えば、外的攻撃に対する脆弱性についてなどである。)
 - 運転経験の活用については、当該プラントでのものだけでなく、国内他プラントや海外での運転経験も活用している。また、他の国からどういう課題を扱うかのヒントを得ている。例えば、フランスとは親密な連携を取っている。
 - PSA についても取り組んでいる。
- f. 各課題に対する検討方法について
- まず、安全に関する関心分野を決定し、現状を分析して、検討する目的と範囲を明確にする。このとき、各課題で検討事項が重複する場合があるので、インプットとアウトプットを特定して、インタフェースを明確にすることが大事である。(これにより、他の課題への活用が可能となる。)
 - 次に、具体的な方法、計画を定める。
- g. プラントに共通の課題としては、以下のものが挙げられる。
- ここ数年、冬は寒さが厳しく、夏には猛暑が続いており、設備の運転に問題が生じた。過酷な条件でも対応できるような対策を検討している。
 - 洪水(浸水)に対する防護は、外部と内部と両方に対して、深層防護の観点から検討している。これは、1999 年にフランスで大きな嵐があり、浸水被害あったことが契機となっている。
 - 現在、PSA を重要視しているが、その PSA の更新を検討している。
 - 過去に経験した事故を受けて、燃料取替え時の遠隔操作取り扱いの手順の検討している。
 - SAMG (シビア・アクシデント・マネジメント・ガイドライン) の評価
 - 高経年化と関わりあるが、格納容器のプリテンション・ケーブルの取り扱いの改善
 - 非常用 DG 等に使われている Elastomers ((ゴム:弾性体))の劣化が指摘されており、議論されている。
 - 火災に対する検知と防護策に関する改善プログラム
- h. Doel-1&-2、Tihange-1 の課題として以下のものが挙げられる
- 新しい規制への適合するためにポーラクレーンの改良
 - 非常時の冷却能力の強化として、川水だけでなく、地下水を使えるようにする改造
 - 経年劣化を受けた機器や部品の(再)検査と(再)評価。疲労については、少なくとも 40 年間を評価するよう延長。

i. 今後の PSR の実施方針について

- 既に 2008 年の始めから次の PSR（2011～2015 年）のための準備を開始している。
- 次回は、IAEA の安全指針 NS-G-2.10 に厳密に基づいて実施する予定である。これは例えば、5 つの安全テーマ、14 の安全要因を取り扱うこと、そしてそのあとに包括的な安全評価を行うことなどである。
- 計画的に時間枠を決めて、その中で確実に終了することも重要と考えている。
- ベルギーでは、脱原子力法（40 年以上の運転を禁止）が定められているが、それにもかかわらず長期的な原子力プラントの運転に関する協議が行われている。
⇒ 特に、Doel-1&2、Tihange-1 について、2015 年に 40 年を迎えることになるので、40 年以上延長することが問題ないかを検討しているところである。

<質疑応答>

Q: 事業者と BEL-V が一緒になって PSR を作成する理由は何か？

A: 共同で PSR の検討を行うことは、ベルギー（王国）の王令に書いてある。

Q: 一緒になって実施することの良い点は何か？

A: 他のやり方を知らないので答えが難しいが、双方で分担して実施することで効率的に作業ができるのではないかと思う。

例えば、課題の選択などは、双方が選択して後で協議するが、調査などは事業者が実施して、BEL-V がその結果を分析している。実際上は事業者が作成し、BEL-V がコメントしたものを修正した上で連名の報告書としている。

Q: FANC は誰に許可を与えるのか？（BEL-V のポジションを確認する観点から）

A: 事業者に対して運転許可を与える。その意味では、PSR 作成の実質的な主体者は事業者であると言える。

Q: 国外の規格を参照する際にフランスを選定した理由は？ それにより合理化を計ることを意図しているのか？（主にリソースの観点で）

A: ベルギーでは、新しい 4 つのプラント（Tihange-2、Thihange-3、Doel-3、Doel-4）を建設する際に、アメリカの規制を取り入れることにした。つまり、4 つプラントの許可は、USNRC の規格に合うようにやってきた。したがって、PSR では、USNRC で新しいルールが許可されたかどうかを確認している。

フランスは、運転経験の活用という観点で活用している。

- ベルギーのプラントは、WH 社の技術、フラマトムの技術を取り入れた。米国での規制を採用するということになり、これまでベルギー独自の展開をしてこなかった。
- WENRA からは、ベルギー独自の展開をするように要求されているが、これに対しては FANC が責任を有しており、BEL-V と協議することになっている。

Q: FANC のサマリーレポートは公開されているが、詳細な PSR のレポートなどは、公開されているか？

A: 詳細な報告書は未公開であるが、報告書の一部は、公開されていると思う。

透明性に関する法律が出来て、以前に比べてより公開性を重要視するようになってきているが、内容によっては公表できないので限定されたものになる。また、今後、公開さ

れたとしても、フランス語、オランダ語になる。(英語ではない)

Q: Doel-1&・2、Tihange-1 の課題として挙げられているポーラクレーンの改造とはどのようなことか？

A: 詳しくないので、あとで連絡する。

Q: エラストマーの劣化を具体的に教えてほしい。

A: エラストマーは多数用いているのでどこの箇所かは分からないが、非常用 DG の部品の劣化である。

(4) ベルギーにおける高経年化問題について

◆ 発表者： M. Dubois (BEL-V : Electrical and I&C Systems)

a. ベルギーにおける高経年化対応の歴史

- 1980－2000： 高経年化対応は、以下のような特定の分野に限られていた。
 - 安全に関する機器の高経年化（圧力の脆化、設備の老朽化）が問題になり、方法論を議論するようになった。（PSR、特定機器の取替え検討などに展開）
 - 圧力容器、一次系機器など主要なものに限定して検討を実施
- 2000－2004： インコネルの溶接部 PWSCC などが顕在化し、FANC の指摘によるものに加えて、自主的な活動として発展してきた。2004 年から体系的な高経年化管理プログラム(AMP)の開発を開始した。

b. 高経年化管理プログラム

- 目的は、要求されている安全機能が運転寿命中に健全であることの確認である。
- 対象は、安全及びもしくは運転継続に係るすべての SSC（設備、システム、機器）である。
 - 経年劣化については、そのメカニズムと特性変化の把握
 - 技術の陳腐化については、特に I&C、電気機器が対象となる。
- 体制組織は、大きく 3 階層になっている。
 - 最下層の WG（ワーキンググループ）は、研究所、事業者職員がメンバーで、5 つの WG（一次系、二次系、土木、I&C、電気）で構成される。
 - 真ん中の調整会議では、WG の検討結果を受けて政策などを議論し、一番上の政策委員会で優先順位を決める。
 - プロジェクトリーダーがすべてのプロセスを調整し、プロジェクトの管理を行っている。
- 体系的な AMP（高経年化管理プログラム）(IAEA DS382) に基づき、PDCA を廻している。

c. ベルギーでの AMP プロセス（方法論）

- 設備高経年化サマリー (Equipment Aging summary) の作成
 - 作業を行うためのベースとなるレポートであり、設備、課題、分類、課題の重要性などの項目について、プラントの現状（どのようなリスクがあるのか）を記述する。
- 劣化マトリクス
 - 設備や機器に対応して、想定される劣化メカニズムを整理する。
- 劣化状態の要約

- 主要機器の状況についての3つの領域(①現在までの状況、②40年までの戦略、③40年を超えて60年運転までの活動)に分けて整理する。

d. これまでの課題と結果

- 機械系
 - SG(蒸気発生器)を交換
 - 原子炉容器上蓋の交換、加圧器の交換の検討中(40年以上運転する場合は交換)
- 土木工事
 - 冷却塔などコンクリートで出来た設備の更新がメイン
- I&C
 - Tihange-1でSIN/SIPを交換
 - SINは、Doel-3、Doel-4、Tihange-2、Tihange-3で取替えを検討中
- 電気設備
 - 非常用DGの交換(Doel-1、Doel-2)を計画中、回路ブレーカ、変圧器、ケーブルは既に取り替えた。

e. 結論

- AMP(高経年化管理プログラム)の評価
 - PSRの枠組みの中での技術事項(テクニカルファイル)を高経年化の観点からフォローアップしている。
 - 2004 最新のPSRにおいて、BEL-Vが事業者によるセルフアセスメントを要求するとともに、BEL-V独自でもIAEAの基準に基づいて評価を実施した。
 - 2004年より、その結果について、定期的なレビューを実施している(会議、監査などを通じて)
 - その結果、2009年には、IAEAの基準NS-G-2.10に基づいて事業者が自己評価を行うべきであるとの結論になっている。
- AMPにおいても、3つのカテゴリ(①現在までの状況、②40年までの戦略、③40年を超えて60年運転までの活動)について、事業者の方針を確認している。

<質疑応答>

Q: 定検中の点検や改造工事の計画は、事業者が定めるのか? 真夜中でもBEL-Vは検査してくれるのか?

A: 溶接検査はベルギーの規制当局ではやってないが、検査などの立会いは、事業者の計画に合わせて24時間体制でやっている

Q: 40~60年運転を考えているということは、法律が改正されると信じてやっているのか?

A: その決定をずっと待っている。現在は、複雑な状況。変わる可能性は十分ある。FANCでは、それを見越して検討を進めている。

★ 時間が無くなったため、最後の議題(Future challenging issues)も含め、質問事項は別途メールで連絡して回答をお願いすることとなった。

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」 第3次訪欧調査議事録

1. 日時：

平成20年9月26日（金）13：00 ～18：00

2. 場所： Doel 原子力発電所

3. 出席者：

【Doel 原子力発電所 (Electrabel)】

Mr. Kris Mertens (Decennial Revision Manager)

Mis. Anne Marie Swaelens (Information Center)

Mr. Johan Saruyelt (Information Center)

【機械学会訪欧調査団】

岡本副団長[団長代理] (東京大学), 小林幹事 (原子力安全基盤機構), 五十嵐 (東京電力), 出野 (関西電力), 伊藤 (日本原子力発電), 大山 (エナジス), 栗山 (北陸電力), 古作 (原子力・安全保安院), 佐川 (日立 GE), 清水 (東芝), 高木 (東北大学), 辻倉 (電事連), 富田 (日本エヌ・ユー・エス株式会社), 豊嶋 (中国電力), 中田 (原子力安全基盤機構), 奈良林 (北海道大学), 成瀬 (中部電力), 宮口 (三菱), 森本 (日本エヌ・ユー・エス株式会社), 吉松 (日本原子力技術協会), 若林 (東北電力)

【その他出席者】

平尾 (ベルギー通訳), 小倉 (グロリアツアーリスト)

4. 資料：

資料-1 : Decennial Revisions Presentation to JSME Study Group

資料-2 : Presentation of the Nuclear Power Plant of Doel

5. 議事概要：

(1) 発電所見学 (Guided tour)

プレゼンテーションより先に3号機を中心に発電所見学をした。通訳を入れた23人全員を一度に案内することは、セキュリティー上許されないとのことで、英語案内組と通訳入り案内組の2組に分かれて見学した。

<英語案内組>

・説明者：Mr. Johan Saruyelt (Information Center)

セキュリティーチェックの窓口で入門者リストのコピーとパスポートを手作業で照合しながら入門カードを受け取った。カードをゲートのセンサー部分に当ててからゲートに入ると、写真を撮ら

れてから目の前のゲートが開く。

しばらく進んで次に2つ目のゲートに入ると、そこで体重を測定してから目の前のゲートが開き、これでやっと敷地の中に入ることが出来た。入門時と出門時の体重差が5kg以上だとゲートを自動的に通れなくなるそうである。

敷地に入ると、3号機の原子炉格納容器がすぐ近くに見え、上部が一部黒くなっていた。補助建屋からの非常用DGの排ガスために黒くなっているとのことであった。また、断熱カバーで覆われた配管が地面の少し上を走っているのが目についた。脱塩水を製造するための廃熱を送っている配管であった。

補助建屋の近くに行き、主変圧器の説明を受けた。変圧器のところまで錆びたレールが設置されており、変圧器を予備品と交換する時に使う時にレールを使用するそうである。確かにレールが川岸の大型クレーンの所まで延びており、クレーンの近くに変圧器が置いてあった。但し、この変圧器は主変圧器とは異なるものであった。なお、主変圧器の前はブロック2段ほどでレールが塞がれていた。交換するときはブロックを壊すとのことであった。

それから3号機の冷却塔の近くに行き説明を受けた。冷却塔は高さ170m、底辺148m。下部から空気を取り入れ、自然対流で上部から水蒸気が放出されていた。自然対流の効果を大きくするために上から1/5位の場所まで塔の直径が徐々に小さくなりそこからまた大きくなっていた。美しい形をしていた。そこに取り付けられた梯子は上部では仰角が90度を越えていた。下部は空気取り入れのために外壁は無く、中の骨組みが見えた。そこを大量の水が滝の様に流れていた。

冷却塔の出口側温度は季節により変動するが60~70℃。冷却塔が暖かいためか、隼が梯子の近くに巣を作っているとのこと。カメラを設置しており、孵化や巣立ちの様子をインフォメーションセンターで見ることが出来るそうである。4つがいと巣をつくり巣立った。そして今年も戻ってきたと、案内のヨハンさんが嬉しそうに話してくれた。

なお、3/4号機は冷却塔による冷却であるが、1/2号機は出力が小さいため河川水による冷却であった。取水口から魚が吸い込まれないように、マイクロウェーブを発信して魚を遠ざけているとのことであった。

タービンホールはとても広かった。再生熱交換器がタービンとほぼ同じレベルに設置されていることが主因と考えられるが、他にも理由があるとのことであった。

タービンホールの後、補助建屋へ。3号機と4号機の補助建屋は離れているが両者を連結するパイプ状の細い通路が空中に渡されていた。色々と便利な通路であるが背の高い彼らは屈みながら通るのではないかと思われた。

放射線管理区域の前で運転体制等についての説明を受けた。3号機と4号機の運転体制は独立でお互いに競争させているとのことを冗談めかして説明された。運転直は7直。運転員の訓練は、最初は2年間かけて実施し、試験に合格したら正式の運転員になれる。その間、18ヶ月のシミュレータ訓練が実施される。運転員の再訓練は2年毎。なお、保守要員の訓練は3年毎であり、外部で実施されている。

<通訳入り案内組>

・説明者：Ms. Anne Marie Swaellens 氏 (Information Center)

- ・入所ゲートでパスポートを提出し、代りに入門カードを受け取り、PPを通過し入域した。PPでは、顔写真を撮るシステムとなっていた。また、見学者グループに1人、監視人が付き添うシステムとなっていた。
- ・2番目のゲートでは、回転式のPPとなっており、体重を測定する仕組みとなっていた。
- ・その後「(3) Doel 原子力発電所の概要について」と重複する内容についての説明があった。
- ・Doel 発電所（以下、Dと記載）には、4プラントのPWRがあり、1975年よりD-1/2号機が運開し、それぞれ約400MWe、1982年よりD-3号機（1,000MWe）、1985年よりD-4号機（1,000MWe）が運開している。
- ・D-3/4号機は、高さ80m、幅40mの建屋となっている。
- ・耐震設計は、リヒター測定基準(マグニチュード)でレベル7まで耐えられる様、設計されている。レベル5でプラントは、1.3秒で自動停止する。
- ・非常DGは3基ある。30分/月の頻度で試験をしている。このため壁の一部が黒くなっている。原子炉建屋の屋上の壁が黒くなっており、非常DGの排気管が屋上にある模様。
- ・変圧器は、2万4千Vを38万Vに変換している。
- ・原子炉建屋に隣接する建屋に使用済み燃料を8年保管している。それ以後、コジェマ（仏）で処理していたが、現在は別建屋に移動し、鉛2重キャスクで保管している。
- ・炉心には、157体の燃料集合体があり、1/4炉心ずつ交換している。

Q：使用済燃料の移動は定検時のみか？プールが一杯になったらどうしているのか？

A：プールで保管しているが、地下に廊下があり、コンテナで移動している。移動の時期は責任者が決めている。

- ・D-1/2号機に冷却塔はない。冷却水はレスコー川に放出している。D-3/4号機の冷却塔の蒸気凝縮能力は、16万m³/hであり、凝縮の途中で、約1.5%の水が失われる。

Q：D-3号機と4号機を繋いでいるパイプは何か？

A：3号機と4号機を結ぶ廊下である。以前は1階まで降りて、また上がって行くため遠回りであったため追設した。

- ・3番目のPPを通過。ここでは、だれがどこにいるかを把握するためのシステムを導入している。このPPゲートはわざと狭くしている。余計な工具を持ち込ませないための対策である。
- ・タービンは、ALSTHOM製。高圧タービン1基、低圧タービン2基の構成。回転数は1,500rpm。普通は3,000rpmであるが、極数を変えることで対応している。
- ・発電機は、ACEC製。1,000MWe、2万4千Vを発電。
- ・中央制御室は写真のみで見学。9/11事件以来、入室は許可されなくなった。
- ・運転員は、2年間の教育・訓練を受けている。18ヶ月のシミュレータによる教育後、1つ目の試験に合格した者は、6ヶ月間コーチについてOJTを実施し2つ目の試験を受け、これに合格しないと運転員にはなれない。この資格は2年間有効であり、2年後にはまた試験を受ける。さらに合計5週間/年、再訓練を受ける。これは、実際に発生する事故・事象が少ないため、その対応を訓練させるものである。

Q：資格は社内資格か？

A：そうだ。D-3号機の資格は3号機しか運転できない。

Q：何人で運転しているのか？

A：原子炉系1名に助手1名、タービン系1名に助手1名、スーパーバイザー1名、放射線担当

1名、パトロール要員2名、の計8名である。

Q：シミュレータ以外の教育・訓練は？

A：原子力安全に関する研修を3年おきに4日間実施している。

<感想>

- ・建屋内は広々しており、保全作業がし易い環境であると感じた。ハッチ類も大きく、レールも敷設され、大型機器の移動や取り扱いが容易との印象を持った。

(2) 10年点検レビューについて (Speech concerning the Ten Year Review)

- ・説明者：Mr. Kris Mertens 氏 (Decennial Revision Manager)
- ・Mr. Kris Mertens 氏は、D 発電所と Tihange 発電所 (以下、T と記載) の両方の7基のPSRを担当しており、エレクトラベル社のPSRの体制、法的な枠組みについて説明があった。
- ・ベルギーでは、プラント寿命は決まっていないが、10年毎のPSRは必要となっており、各ユニットについて、10年毎にPSR報告書を作成している。
- ・PSRに関連する人は、エレクトラベル社の他に、トラクテベル社、Be1-V (以前は、AVN)、及び規制当局のFANCである。
- ・法律に、報告書は協議して作成する様に記載があるため、これまでは、事業者、トラクテベル、AVNで作成していた。
- ・1回目のPSRは、7基共に完了している。2回目のPSRは、D-1/2, T-1号機で完了している。
- ・3回目のPSRは、これまでとアプローチを変えて、全てのプラントで共通の課題を、共通のアプローチで調査、解析し、改善策も共通となる様な対応としている。この方法を、Common-PSR (CPSR) と称している。
- ・第1回目のCPSRでは、専門家の判断により、共通の課題が選択され、ここ10年の新しい法令、規制、規格基準を取り入れ、また、過去10年間の運転経験 (国内及び海外) も取り入れ、更に設備の高経年化も考慮した調査、検討が進められている。
- ・また、課題テーマを体系化し効率的な評価を進めるため、以下の分類により検討を進める新たなアプローチを定め、実施している。
- ・A：規制の展開、B特定された内部/外部のリスク、C：PSA、D：事故解析、E：事故・事象の管理、F：安全システムの信頼性・有効性の向上、G：プラント設計の再評価、H：定期的試験、I：高経年化事象の管理、J：設備の改造、更新、K：職員の知識、能力向上、L：放射線防護の予防的管理、M：設備の品質管理
- ・更に、各テーマ毎に課題の細分化を、例えば、Bの内部・外部の特定のリスクでは、B1：サイト周辺の再評価、B2：過酷な気象状況への対応・・・の様に細分化し、最終的に66個の課題を挙げ、これらの評価を実施した。
- ・そして、各課題について、規制当局と共に、評価の方法と範囲を決定した。
- ・現在のCPSRの状況は、第1回目CPSRでの66個の課題の内、いくつかをBe1-Vに提出し、承認を待っており、スケジュール的にはかなり遅れた状態となっている。
- ・2回目のCPSR (T-1, 2, D-1号機の第4回目に相当) は、準備段階となっており、設備の改造を進行中または予定している。例えば、有毒ガス検知器、新しい気象観測システム、浸水予

防のための壁の新設などが上げられる。

Q：有毒ガス検知器は、何を対象としているのか？

A：レスコー川の対岸には化学工場もあるので、中央制御室の居住性向上等を目的としている。

- ・設備改造の例（写真）として、職員用エアロック（主、緊急用の2箇所）のシール部分の改造（従来のシールは、膨らませるタイプであったが新型に改造）、ポーラークレーンの安全装置（一部が多重化されていないため）の改造、等の紹介があった。
- ・2回目のCPSRでは、アプローチ方法を変更した。これは、多くの課題の管理と優先順位の評価が非常に困難であったため、体系的に管理、評価することとした。1回目は手探り状態であったが、2回目は、IAEAのNS-G-2.10の手法を利用することとした。
- ・IAEAの手法では、安全指針を14の安全要因に分類しており、これに準拠したアプローチで実施している。各々の安全要因に対して、方法論と範囲を定め、ドラフトを作成しており、これをFANCに提出する予定である。例えば、D-3号機は、1982/8の運開であり、2012/8が期限となるため、2008/12または2009/1までにFANCに、方法論と範囲について提出予定である。
- ・2009年の中頃にFANCの承認を得て、2009年から2012年の3年間に課題の調査、評価を実施する予定である。そして、2012/8頃に、包括的な安全評価とその改善策をFANCに提出し、その後6ヶ月以内に承認を得たいと考えており、承認が得られれば、その後5年以内に設備改造を完了させる予定である。
- ・まとめとして、PSRは多大な時間とマンパワーを必要とするため、体系的かつ効率的に進めることが重要であり、そのために今後は、IAEAの安全指針に従って進めて行く予定である、との紹介があった。

Q：ベルギーは、米国の規制を利用していると聞いているが、PSRにIAEAの指針を活用すると言うことは、米国の規制から脱却し、IAEAの方式に切り替えるつもりなのか？また、それはWENRAを意識してのことか？

A：IAEAの指針を活用するのは、その方法論のみの話しであり、規制（米国の方式）を変更するつもりはない。規制に関しては、今まで通り、米国方式をベースとし、ヨーロッパの方式も勘案して、対応していく。

Q：D-3号機以外は、それぞれ対応中なのか？

A：そうだ。但し、時期はずれている。D-3/4号機は同じタイプなので、進め方も同じである。

Q：D-1/2号機は、40年が経つと思うが、その先を見越して、PSRを実施するのか？

A：我々は、政治を変えることはできないが、原子力を中止/実施の両方のケースを考えて対応して行かなければならない。

Mr. Kris Mertens から調査団への質問

Q：日本において、IAEAの安全指針をベースとしたPSRを実施した経験があるか？ もしあれば、教えて欲しい。

A：日本では、PSR導入に当たって、ヨーロッパ（仏、英）での実態をまず調査した。実際はどうしているのかを調査し、その進め方をベースに日本での実施方法を検討した。合わせて、日本にも安全要求項目に関わる指針があり、時代と共に改定されているため、最新の指針に対しても検討し、調査項目に取り入れる等の対応をしている。従って、IAEAの方式に準拠したものではないが、結果としてかなりの項目は合致したものとなっている。

- ・その後の協議で、発表資料をメールで送付頂くこととした。また、前日のBe1-V訪問時に話題となった、OLMの事前計画リスト「G-LISTE DES INDISPONIBILITES PROGARMMEES」についても、保全部門の責任者に確認頂き、D発電所とT発電所の両方の例をメールで送付頂けることとなった。

(3) Doel原子力発電所の概要について (Presentation of the Nuclear Power Plant of Doel)

- ・説明者：Ms.Ann Marie Swaellens氏 (Information Center)
- ・D-1号機の出力は392.5MWe、D-2号機の出力は433MWeである。ツインプラントでありながら、出力に差があるのは蒸気発生器を交換したため。D-1号機は2008年に蒸気発生器を交換する予定。
- ・D-3/4号機の出力は約1,000MWeである。
- ・ベルギーの電力消費量の内、D-3/4号機ではそれぞれ10%、D-1/2号機では合わせて9%を賄っている。D発電所とT発電所の合計出力は同等である。
- ・D-1/2/3号機では、4%濃縮ウランを使用しており、定検間隔は11ヶ月。D-4号機では5%濃縮ウランを使用しており、定検間隔は18ヶ月で運転している。定検時に、全炉心の4分の1の燃料を交換している。
- ・その他、写真による設備の紹介があった。ここでは、SG、オペフロ（炉心上部のプール）等が紹介された。

Q：プールで炉心を照らしている照明を水面のフロータイプしたアイデアはだれの考えか？

A：エレクトラベル社の責任者だと思う。

C：水中照明は水を抜いて行くと、照明が切れることがあり、管理が大変。水面に浮かすタイプだと、その心配と労力を低減できるので、良いアイデアだと思う。（C：調査団からのコメント）

Q：どうして、D-4号機だけ定検間隔が18ヶ月なのか？

A：2年前までは4%濃縮ウラン燃料を使っていたが、5%濃縮ウラン燃料に変えたことで、18ヶ月が可能になった。

Q：D-3号機はウラン燃料の濃縮度を変える予定はあるのか？

A：D-3号機は、以前はMOX燃料だったが、再処理をしなくなったので4%濃縮ウラン燃料を使用している。今後、5%にするかどうかは未定。実はまだ、燃料集合体の内の37体はMOX燃料が残っており、MOX燃料の使用が終わるのが3~4年後なので、その時点で検討することになると思う。

Q：D発電所での組織はどうなっているか、また何人働いているか？

A：働いているのは約2,000人、社員は約800人で関連会社が約1,200人位である。また、部署は、運転 保全、安全、総務の4つに分かれている。

Q：エレクトラベル本社の原子力部門には何人ぐらい人がいるのか？

A：詳しくはわからないが、最近再編があって原子力関連を1つの部署に統合した。これは、輸

出に対応するためである。エレクトラベル社はスエズ (s v e z) 社のグループ企業なのでトラクタベル社もスエズグループの1員となる。

A : 最近、スエズ社と GDF 社が統合して、スエズ-GDF 社となった。

Q : 保全計画は本社で実施しているのか？ また、サイトと本社の保全計画の分担はどうなっているのか？

A : 基本的に保全計画の決定はサイト側でやっている。但し、報告・承認は本社が対応している。

Q : 7つのユニットでも D 発電所の PSR 担当者が対応しているのか？

A : T 発電所にも責任者がいるが、チームとして組んで対応している。現在、プロジェクトを進める時はマトリクスの形を取っており、所属している人が協力してやっている。(との回答であったが、その後、Mr. Kris Mertens 氏に直接確認した所、PSR 関連の部門は、両サイト共通の部署であり、運転、保全等とは異なっている、とのことであった。)

Q : 燃料交換にかかる平均的な期間はどれぐらいか

A : 最近の事例では12日位と思われる。

Q : PSR で設備改造の要求があったものは、この12日間の燃料交換の間に実施しているのか？

A : 定期検査は1ヶ月程度あり、基本的にはその間に実施していると思われる。

Q : 3, 4ヶ月といった長い定検期間は頻繁にないのか？

A : ある。D-3号機は最近、通常の1ヶ月に加えて更に1.5ヶ月停止した例がある。ここでは、1次系ポンプの点検・修理を実施している。

Q : D-4号機は18ヶ月運転で、1ヶ月点検か？

A : そうだ。

Q : プラント停止は、D-1/2/3/4号機は時期をずらして停止しているのか？

A : 職員や保全作業員の負担を分散するためにずらしている。全部で7基あるので、それぞれずらしている。大抵はD発電所プラントとT発電所プラントを交互に実施し、負担を軽減している。

III. 添付資料

III 添付資料

目次

<Isar 原子力発電所>

- Isar-1 Isar; Information the Power Plant
- Isar-2 Isar 2 Nuclear Power Olant – 1475 MWe gross
- Isar-3 AREVA : Development and Characteristics of Outage Optimization in German NPP's September, 2008
- Isar-4 AREVA :
- Isar-5 Isar 2 Betriebsablauf 2007 (帰国後入手)

<TUEV-SUED>

- TUEV-1 TÜV SÜD Industrie Service GmbH
- TUEV-1En Enterprise presentation TÜV SOUTH industry service GmbH
Business field energy and technology
- TUEV-2 Das atomrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren in Bayern
- TUEV-2En Atomiclegal permission and supervision procedure in Bavaria
- TUEV-3 Stellung des TÜV SÜD als Sachverständigenorganisation in der Kerntechnik
- TUEV-3En Position of the TÜV SOUTH as expert organization in the nuclear technology
- TUEV-4 Sicherheitsmanagement
- TUEV-4En Safety management

<GRS>

- GRS-1 Presentation of GRS
- GRS-2 Development of regulations and guides on nuclear safety in Germany
- GRS-3 Requirements on Software Based I&C in the Safety System of German Nuclear Power Plants
- GRS-4 VdTÜV statement on the necessary precautionary measures to prevent the systematic failure of digital instrumentation and control installations performing instrumentation and control functions of Category 1 in nuclear installations

<BEL V>

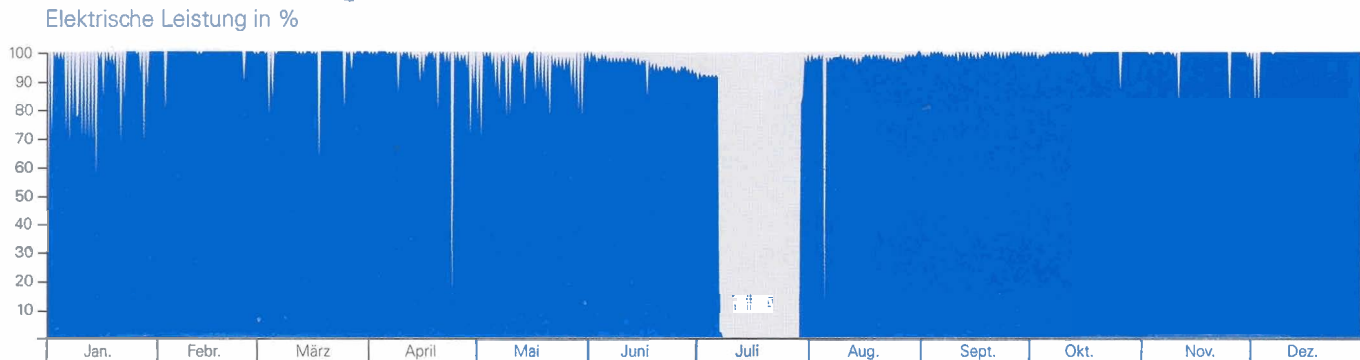
- BEL-V-1 BEL V
- BEL-V-2 Inspection des centrales nucléaires en fonctionnement
- BEL-V-2En Inspection of the nuclear thermal power stations under operation
- BEL-V-3 COMPETENCE ET FORMATION DES EXPERTS BEL V
- BEL-V-3En COMPETENCE AND TRAINING OF THE EXPERTS BEL V
- BEL-V-4 Periodic safety review for the Belgian NPPs
- BEL-V-5 Ageing Management Programme of the Belgian NPPs
- BEL-V-6 Future challenging issues

<Doel 原子力発電所>

- Doel-1 Presentation to JSME Study Group 26/09/2008
(文献記号の末尾に En と付されているものは、参考用の機械翻訳版)

Isar 2

Betriebsablauf 2007



Verfügbarkeit

Der Block 2 des Kernkraftwerks Isar (KKI 2) hat im Berichtsjahr 2007 mit einer Brutto-Erzeugung von 12.009.087 MWh trotz der langen Revision ein sehr gutes Ergebnis erreicht. Bis auf einen 23-tägigen Stillstand zum Brennelementwechsel mit Jahresrevision wurde die Anlage unterbrechungslos betrieben.

Geplante Stillstände

7. – 30. Juli: Brennelementwechsel mit Jahresrevision
Die 19. Jahresrevision dauerte rund 23 Tage. Die ursprünglich mit 19 Tagen geplante Revisionsdauer wurde durch eine umfangreiche Generatorinspektion, verursacht durch einige Fremdkörper, um ca. 4 Tage überschritten.

Ungeplante Stillstände sowie RESA/TUSA

keine

Leistungsabsenkungen größer 10 % und länger 24 h

keine

Zweite Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)

Die Arbeiten für die Erstellung der 2. PSÜ wurden, u.a. auch mit der Beauftragung entsprechender Fachfirmen, begonnen. Im Dezember fand ein Statusgespräch mit Behörde und Gutachter statt.

Peer Reviews

Im Zeitraum vom 3. bis 6. Dezember wurde im Rahmen eines nationalen Peer Reviews durch Fachleute aus deutschen Kernkraftwerken das Thema „Fachkunde“ am Standort analysiert.

Umweltbegutachtung

Die Zertifizierung nach der globalen Norm DIN ISO 14001 und der europäischen Norm EMAS konnte am 8. November durch den Umweltgutachter abgeschlossen werden. Damit ist der Standort berechtigt, gemäß EG-Verordnung Nr. 761/2001 vom 19. März 2001 über die „freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS – Eco-Management and Audit Scheme)“ weiterhin das EMAS Logo zu führen und verfügt über das Zertifikat der Norm 14001.

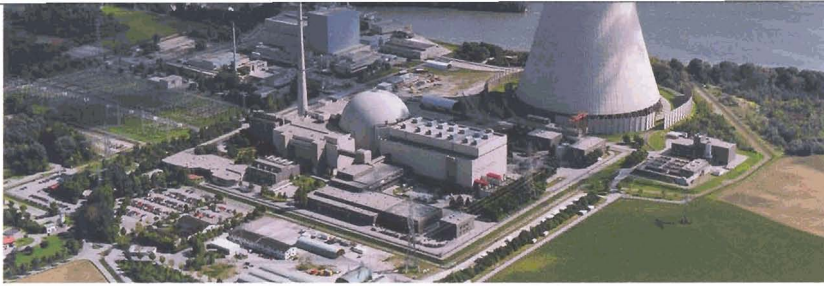
Stand der Entsorgung

Die Baumaßnahmen am Zwischenlager sind abgeschlossen. Im Zeitraum vom 12. März bis 15. April wurden für Block 2 im Rahmen der ersten Beladekampagne 6 CASTOR® V/19-Behälter, beladen jeweils mit 19 Brennelementen (BE), in das Zwischenlager eingelagert.

Allgemeines

Im Zeitraum vom 26. bis 30. März führten Auditoren der beauftragten Zertifizierungsstelle „DNV Zertifizierung und Umweltgutachter GmbH“ am Standort Isar erfolgreich ein Zertifizierungsaudit nach DIN EN ISO 9001 durch.

Vom 15. bis 26. Oktober wurde zum zweiten Mal nach 2004 eine Bestandsaufnahme zur Sicherheitskultur mittels VGB-SBS durchgeführt.



Betriebsdaten

Berichtsjahr: 2007

Betreiber: E.ON Kernkraft GmbH
Gesellschafter/Eigentümer: E.ON Kernkraft GmbH (75 %),
 Stadtwerke München GmbH (25 %)
Name der Anlage: Kernkraftwerk Isar 2 (KKI 2)
Anschrift: E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Isar,
 Postfach 11 26, 84049 Essenbach
 Telefon: 08702 38-2465, Telefax: 08702 38-2466
 E-Mail: EKK.KKI.info@eon-energie.com
 Web: www.eon-kernkraft.com

Erste Synchronisation: 22.01.1988
 Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs: 09.04.1988
 Installierte Leistung (brutto, elektrisch): 1.475 MW
 Installierte Leistung (netto, elektrisch): 1.400 MW
 Reaktortyp: DWR
 Hersteller: Siemens/KWU

Folgende Betriebsergebnisse wurden erzielt:

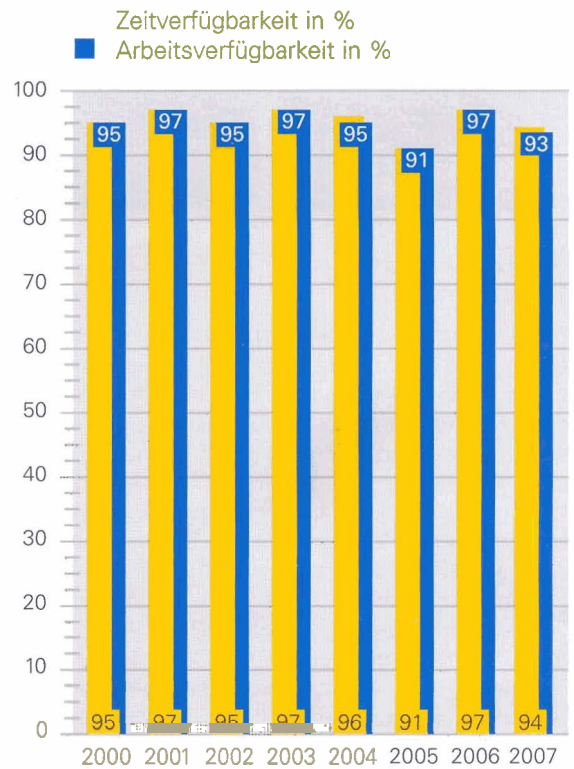
Betriebszeit Reaktor: 8.204 h
 Erzeugte Arbeit 2007 (brutto): 12.009.087 MWh
 Erzeugte Arbeit 2007 (netto): 11.377.490 MWh
 Erzeugte Arbeit seit erster Synchronisation
 bis 31.12.2007 (brutto): 222.899.055 MWh
 Erzeugte Arbeit seit erster Synchronisation
 bis 31.12.2007 (netto): 210.613.994 MWh
 Zeitverfügbarkeit 2007: 93,60 %
 Zeitverfügbarkeit seit Beginn des
 kommerziellen Leistungsbetriebs: 92,86 %
 Arbeitsverfügbarkeit 2007: 93,43 %
 Arbeitsverfügbarkeit seit Beginn des
 kommerziellen Leistungsbetriebs: 91,85 %
 Zeitnichtverfügbarkeit
 (geplant + ungeplant) 2007: 6,40 %
 Anzahl Reaktorschnellabschaltungen 2007: 0

Genehmigte Jahresgrenzwerte 2007 für:

Abluftabgabe von Edelgasen (incl. H-3, C-14): $1,1 \cdot 10^{15}$ Bq
 Abluftabgabe von Jod-131: $1,1 \cdot 10^{10}$ Bq
 Abwasserabgabe nuklearer Spalt- und
 Aktivierungsprodukte (ohne Tritium): $5,5 \cdot 10^{10}$ Bq

Anteil des genehmigten Jahresgrenzwertes für die Abgabe radioaktiver Stoffe in 2007 für:

Abluftabgabe von Edelgasen (incl. H-3, C-14): 0,11 %
 Abluftabgabe von Jod-131: < Erkennungsgrenze
 Abwasserabgabe nuklearer Spalt- und
 Aktivierungsprodukte (ohne Tritium): 0,02 %
 Kollektive Strahlendosis: 0,174 Sv



IV. 受領資料リスト

IV. 受領資料リスト

1. Isar 原子力発電所訪問時受領資料

資料 No.	タイトル	頁数	概要
Isar-1	Isar; Information the Power Plant	24	Isar 原子力発電所の概要パンフ
Isar-2	Isar 2 Nuclear Power Olant - 1475 MWe gross		Isar 原子力発電所鳥瞰図
Isar-3	AREVA : Development and Characteristics of Outage Optimization in German NPP 's September, 2008	32	ドイツの原子力発電所定期点検最適化説明 (AREVA が説明)
Isar-4	AREVA :	5	当方の質問項目に対する回答概要 OLM の取組み等を説明
Isar-5	Isar 2 Betriebsablauf 2007	2	Isar 2 号機の 2007 年の運転履歴概要

2. TUEV-SUED 訪問時受領資料

資料 No.	タイトル	頁数	概要
報告書添付資料			
TUEV-1	TÜV SÜD Industrie Service GmbH	13	TUEV-SUED の紹介
TUEV-2	Das atomrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren in Bayern	36	バイエルン州の規制概要
TUEV-3	Stellung des TÜV SÜD als Sachverständigenorganisation in der Kerntechnik	8	TUEV-SUED の活動概要
TUEV-4	Sicherheitsmanagement	11	安全マネジメント

3. GRS 訪問時受領資料

資料 No.	タイトル	頁数	概要
GRS-1	Presentation of GRS	30	GRS の概要
GRS-2	Development of regulations and guides on nuclear safety in Germany	20	ドイツでの安全規準の更新整理活動
GRS-3	Requirements on Software Based I&C in the Safety System of German Nuclear Power Plants	10	デジタル計装に対する規制の考え方
GRS-4	VdTÜV statement on the necessary precautionary measures to prevent the systematic failure of digital instrumentation and control installations performing instrumentation and control functions of Category 1 in nuclear installations	9	デジタル計装に対する TUEV の見解

4. BEL-V 訪問時受領資料

資料 No.	タイトル	頁数	概要
BEL-V-1	BEL V	40	BEL-V の概要
BEL-V-2	Inspection des centrales nucléaires en fonctionnement	18	BEL-V による検査の考え方、検査体制等
BEL-V-3	COMPETENCE ET FORMATION DES EXPERTS BEL V	6	BEL-V の専門家の能力と訓練
BEL-V-4	Periodic safety review for the Belgian NPPs	12	ベルギーにおける PSR の概要
BEL-V-5	Ageing Management Programme of the Belgian NPPs	14	ベルギーにおける高経年化対策の概要
BEL-V-6	Future challenging issues	3	今後の課題項目

5. Doel 原子力発電所訪問時受領資料

資料 No.	タイトル	頁数	概要
Doel-1	Presentation to JSME Study Group 26/09/2008	21	Doel および Tihange での PSR の取り組み

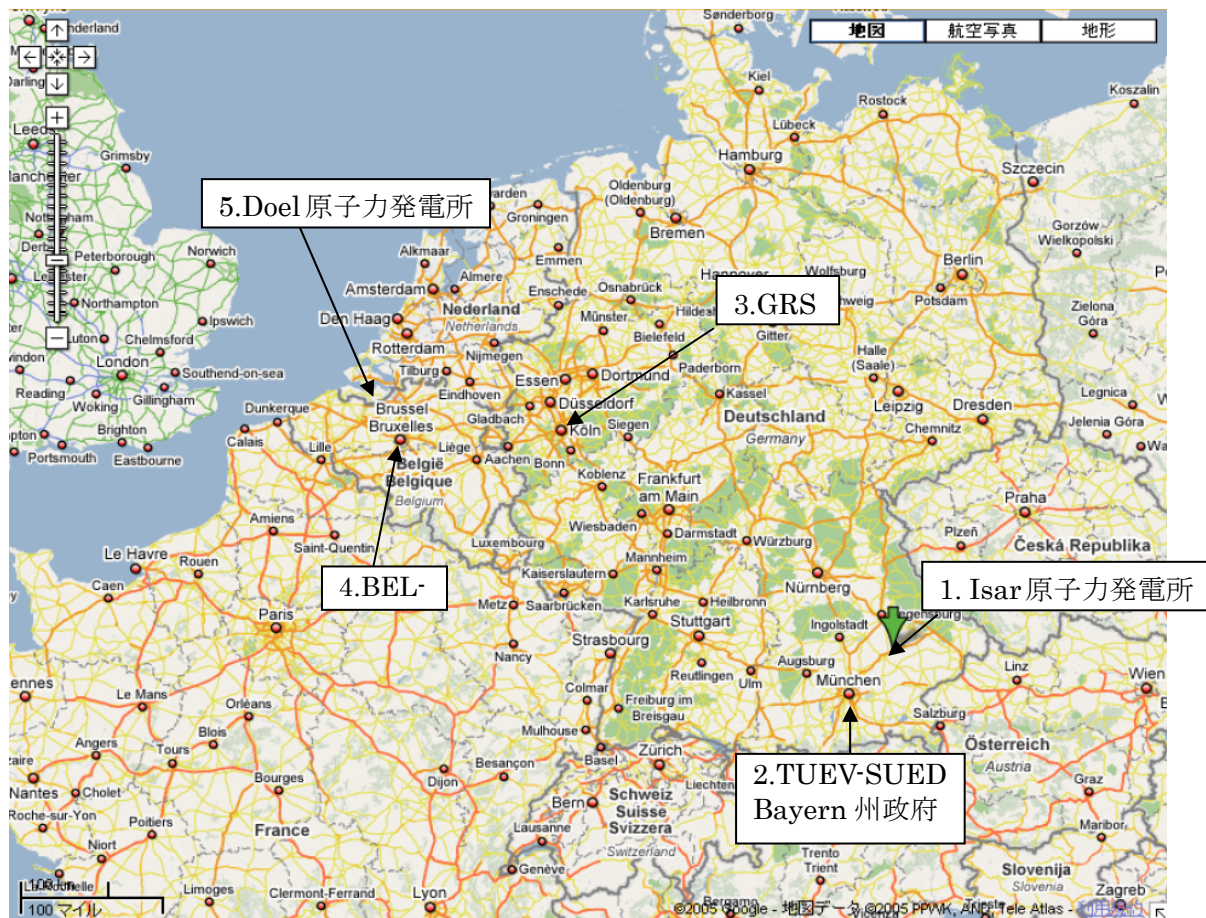
V. 事前勉強会資料

V. 事前勉強会資料

本資料は、8月27日に実施した事前勉強会での配布資料を基本とし、それ以前の研究会等でのドイツ、ベルギーの紹介資料も適宜加味したものである。

1. 訪問先

訪問地全体図：今回の訪問先を下図に示す。番号は訪問順を示す。なお、Bayern 州政府のは訪問せず TUEV-SUED 本部での会議に州政府の担当者が参加する形式となった



2. ドイツ

2.1 ドイツ連邦共和国

ドイツ連邦共和国は 16 の州から構成される連邦国家であり、地方分権を重視した政治形態が採られている。連邦と州の権限関係を立法面から見た場合、連邦のみが立法できる事項（専属的立法事項）、連邦が立法しない間及び立法しない範囲で州が立法できる事項（競合的立法事項）、及び連邦が大綱的規定のみを設ける事項が、ドイツ連邦共和国基本法（憲法に相当）*で定められている。なお、連邦が立法できる事項以外は州で立法できるが、連邦法と州法が抵触する場合は連邦法が優先する。また、行政面では外交、防衛、航空機等は連邦自身が相当するが、その他は州が連邦の監督を受けて担当する。

ドイツにおける連邦レベルの立法機関は、連邦議会と連邦参議院の二院から構成されている。

連邦議会は、小選挙区選出議席数及び比例代表選出議席数ともに 299 議席であり、計 598 議席となる。一方、連邦参議院はそれぞれの州（Land）の意思を中央の立法と行政に反映させる役割を有している。但し、連邦参議院は、各州の権限に属する事柄の相互調整のための共同機関ではなく、あくまでも州が連邦の立法や行政及び欧州連合の事務に協力するための連邦の機関である（基本法第 50 条）。各州は最低で連邦参議院において 3 票の表決権を持ち、各州の票数についてはその人口に基づいて決められている。人口 200 万人以上の州は 4 票、人口 600 万人以上の州は 5 票、人口 700 万人以上の州は 6 票であり、現在の総票数は 69 票となっている。

2.2 ドイツの原子力規制と原子力発電

原子力エネルギーの平和利用に関する立法は競合的立法事項に属しており（基本法 74 条）、この規定に基づいて連邦レベルで、「原子力の平和利用及びその危険の防護に関する法律」（以下原子力法という）が制定され、原子力の平和利用に関する連邦レベルでの基本的な規制要件が定められている。

原子力の行政面では、核燃料の輸出入や輸送の許可等は連邦政府自身が担当する連邦固有行政とされているが、原子力発電所等の原子力施設の設置・運転許可及び監督等は連邦委託行政として連邦政府—具体的には環境・自然保護・原子炉安全省(BMU)—の監督の下で州政府が執行している。また、連邦放射線防護局（BfS）は、放射線防護に関し BMU を専門的立場から支援する。

BMU の諮問機関として、連邦大臣によって任命される委員で構成される原子炉安全委員会（RSK）、放射線防護委員会（SSK）があり、それぞれの専門分野について助言を行なう。さらに、原子炉安全協会（GRS）、技術検査協会（TÜV）などの専門家組織が、それぞれの専門分野の問題について連邦政府からの諮問を受け答申するとともに、州規制当局からの委託等により、州政府へ専門家としての技術的支援を行なう。また、BMU と各州規制当局の代表者から構成される原子力州間委員会が設置され、基準の作成や連絡調整等を行っている。

このため、米国の NRC に相当するような強力な規制主体は存在しないが、実際には、連邦政府の権限はかなり強く、BMU は指示権に基づいて特定の原子力発電所の許可あるいは許可の阻止を州政府に指示することができる。

2000年6月14日の政府と電力業界の同意により、運転中の19基の原発に対して、32年間の運転年数をベースにして総発電量2兆6,233kWhの発電する権利を認め、その後閉鎖することとなった。2003年11月14日に1基が運転を打ち切り、現在、17基、2,146万kWの原子炉が運転中である。(ドイツ 第4回安全条約報告書、2008年4月)。

2.3 規制機関

2.3.1 BMU (環境・自然保護・原子炉安全省)

BMUは、原子力発電所の設置・運転に関する許可を連邦の委託行政として各州政府が行う際に、基本法に基づいて指示を出す権限を有している。この監督責務は、合法性と合目的性にまで及ぶ。原子力発電所許認可の権限は州に属するが、実際問題としては、BMUの同意なしに原子力発電所を建設することはできないであろうとされている。

BMUは独立した2つの諮問委員会(原子炉安全委員会(RSK)及び放射線防護委員会(SSK))から助言を受ける。また、原子炉安全協会(GRS)や技術検査協会(TüV)などの外部の審査機関を助言者・専門家として起用して、解析の実施、専門家意見、実地調査を依頼する場合が多い。

2.3.2 GRS (原子炉安全協会)

GRSは原子炉の安全問題についての調査研究と安全評価並びに原子力施設の許可及び監督手続きに専門的資格で参加するという職務を有している。

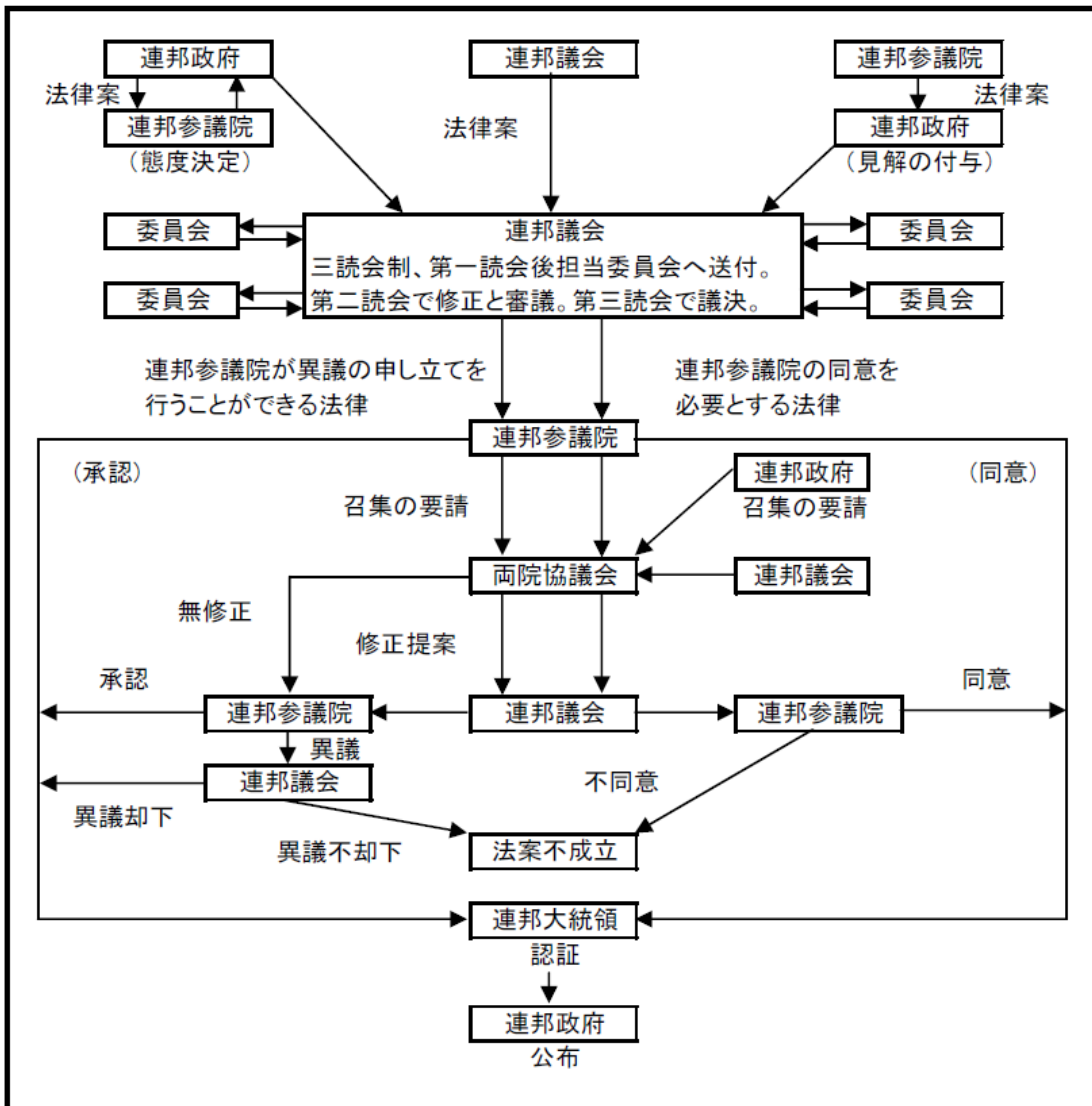
2.3.3 TÜV (技術検査協会)

技術検査協会(TÜV)は政府公認の民間検査機関であり、非営利団体である。設立は約120年以上前であり、米国機械学会よりも古い歴史を持つ。TÜVは本来、ボイラーの検査を目的として産業界が設立したものであり、全国に10前後の支部が存在する。また、全国のTÜVを統括するものとしてTÜV連合(Vd TÜV: Vereinigung der Technischen Überwachungs-Vereine e.V.)がある。TÜVは州許認可当局に対して独立の専門家として、助言ないし鑑定を行う。

2.3.4 州当局

原子力法第24条1項によって、原子力発電所の設置・運転の許可は、連邦の委託行政として州が行うことになっている。担当官庁は州政府が定める州最高官庁で、通常は、州経済省又は州社会省がこれを管轄する。バイエルン州の場合は州政府の地域開発・環境問題省が管轄と考えられる。

また州は、原子力法及び放射線防護令を補足するために、行政規則を制定することができる。



出典：(財団法人) 自治体国際化協会 「ドイツの地方自治」

【図表3-1-2 連邦の競合的立法権】

(1) 民法、刑法、刑の執行、裁判所の構成・裁判手続き、弁護士制度、公証人制度、法律相談
(2) 戸籍制度
(3) 結社及び集会の権利
(4) 外国人の滞在及び居住権
(5) 武器及び爆発物法
(6) 引揚者及び難民関連事項
(7) 公的扶助
(8) 戦争損害及び補償
(9) 戦傷者及び戦争遺族の援護、旧捕虜の生活保護
(10) 戦没者墓地、戦争によるその他の犠牲者及び暴力的支配の犠牲者の墓地
(11) 経済法(鉱業、工業、エネルギー経済、手工業、営業、商業、銀行・証券取引所、私法上の保険制度)
(12) 平和目的の核エネルギーの生産、利用及びそれに係る施設の建設・運営、核エネルギー放出時又は電離放射線によって生ずる危険に対する保護、放射性物質の除去
(13) 経営参加制度、労働保護及び職業紹介を含む労働法、社会保険(失業保険を含む)
(14) 教育補助、学術研究助成
(15) 連邦の専属的立法権及び競合的立法権に係る公用取用
(16) 土地、天然資源及び生産手段の公有又は他の公共形態への移管
(17) 経済上の権力的地位の濫用防止
(18) 農林業生産の促進、食糧の確保、農林業生産物の輸出入、遠洋・沿岸漁業、沿岸保護
(19) 土地取引、土地法(開発分担金法を除く)並びに農業小作制度、住宅制度、土地開発制度、家産地制度
(20) 公共に対する危険性を有する、人間及び動物に係る伝染病対策、医療営業の許可、薬剤・治療剤・麻酔剤及び毒薬の取引
(21) 病院の経済的確保及び病院助成綱領の作成
(22) 食料品及び嗜好品、生活必需品、飼料並びに農林業の種子及び苗の取引保護、植物への病虫害対策、動物保護
(23) 遠洋・沿岸航海、航路標識、内水航行、気象通報、海洋航路、一般運輸に供する内陸水路
(24) 道路交通、自動車交通制度、遠距離交通用の陸路の建設・維持、自動車の公道利用に対する料金徴収
(25) 山岳鉄道を除く、連邦鉄道以外の鉄道
(26) ごみの除去、空気の清浄維持、騒音の防止
(27) 国家賠償責任(連邦参議院の同意が必要)
(28) 人間の人工授精、遺伝情報の研究・変更、臓器移植
(29) 連邦の専属的立法権の領域には該当しない、公法上の勤務・忠誠関係にある公務従事者の俸給及び扶助(連邦参議院の同意が必要)
(30) 州裁判所裁判官の俸給及び扶助(連邦参議院の同意が必要)
(31) 租税(租税収入の全部又は一部が連邦に帰属する場合若しくは競合的立法の条件が満たされる場合、一部でも州若しくは地方自治体に租税収入が帰属する場合には連邦参議院の同意が必要)

出典：(財団法人) 自治体国際化協会 「ドイツの地方自治」

2.4 ドイツプラント情報

2.4.1 ドイツの原子力発電所立地地図

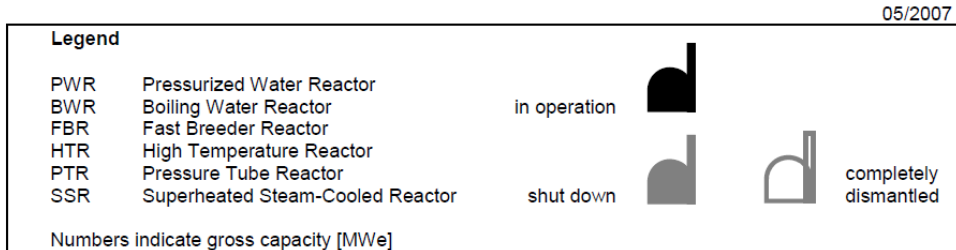
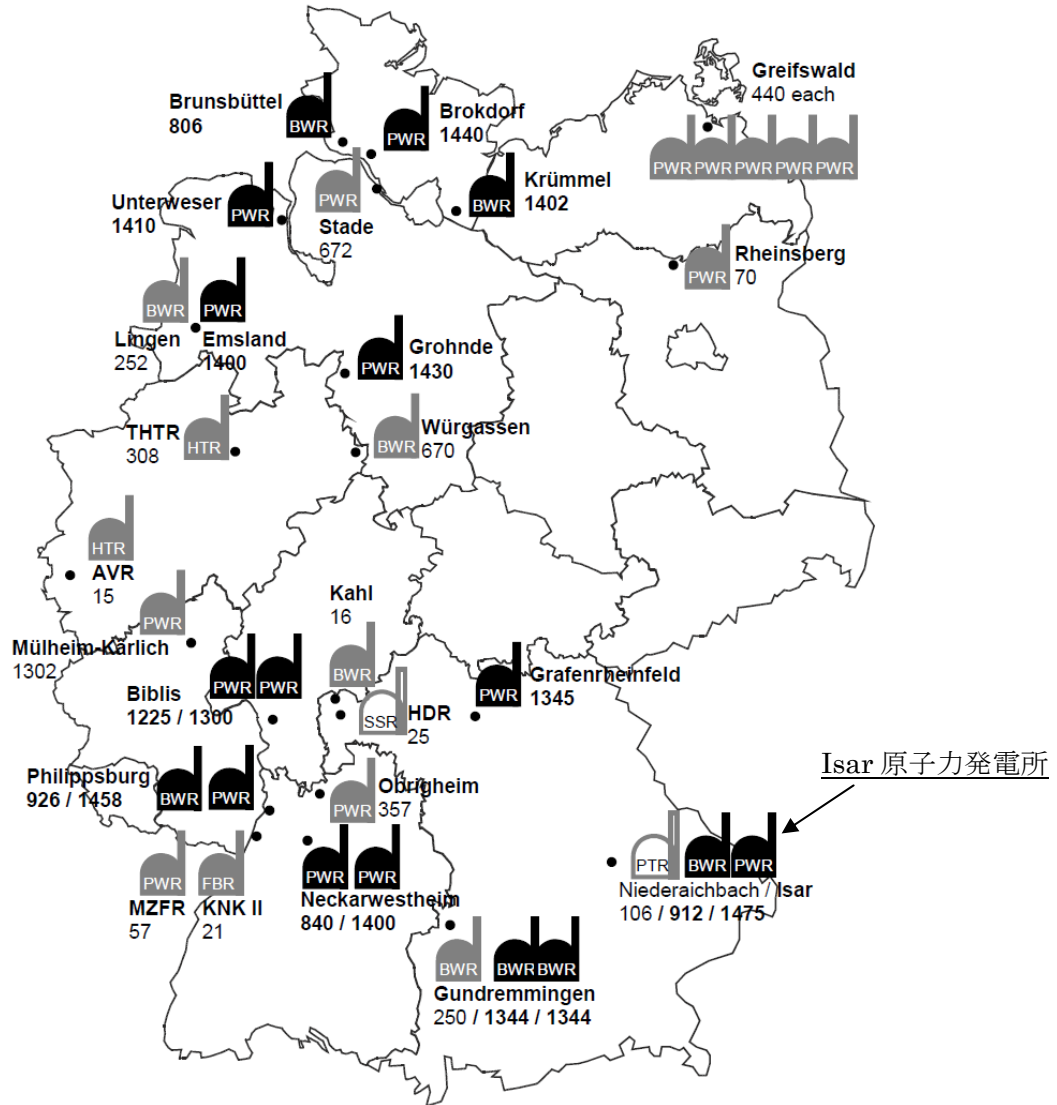
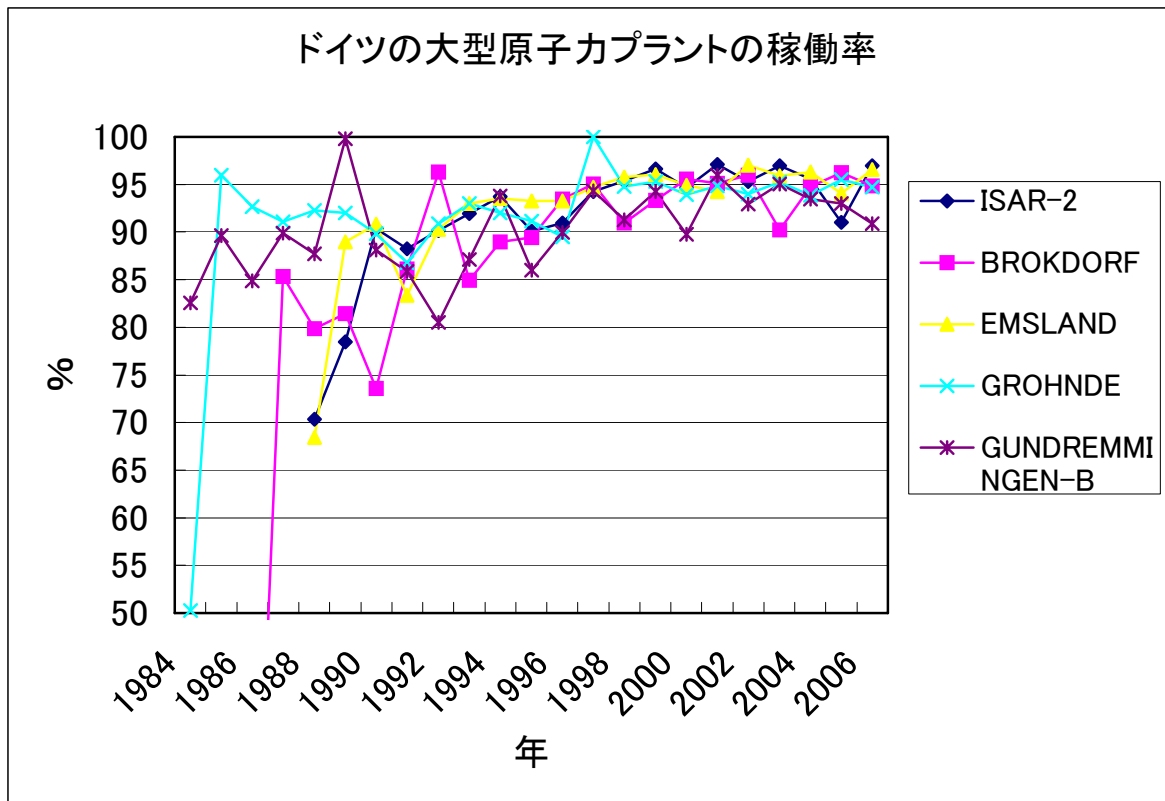


Figure 6-1 Nuclear Power Plants in Germany

(出典：IAEA 安全条約第 4 回ドイツ政府報告書)

2.4.2 ドイツ大型原子力発電所稼働率



(IAEA-PRIMS, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html> のデータより作図)

2.4.3 Isar 原子力発電所

住所 : Dammstrasse 84051 Essenbach Germany

電話 +49 87 02-38-0 Fax +49 87 02-38-24 66

Isar-1

Owner, Operator

Owner E.ON Kernkraft GmbH

Operator E.ON Kernkraft GmbH

Reactor Characteristics

Type BWR

Status Operational

Net Capacity 878 MWe

Gross Capacity 912 MWe

Shutdown N/A

Dates

Construction Started 1972/05/01

Connected to Electricity Grid 1977/12/03

Commercial Operation 1979/03/21

Long Term Shutdown N/A

ISAR-2

Owner, Operator

Owner 1. (75%) E.ON Kernkraft GmbH 2. (25%) Stadtwerke München

Operator E.ON Kernkraft GmbH

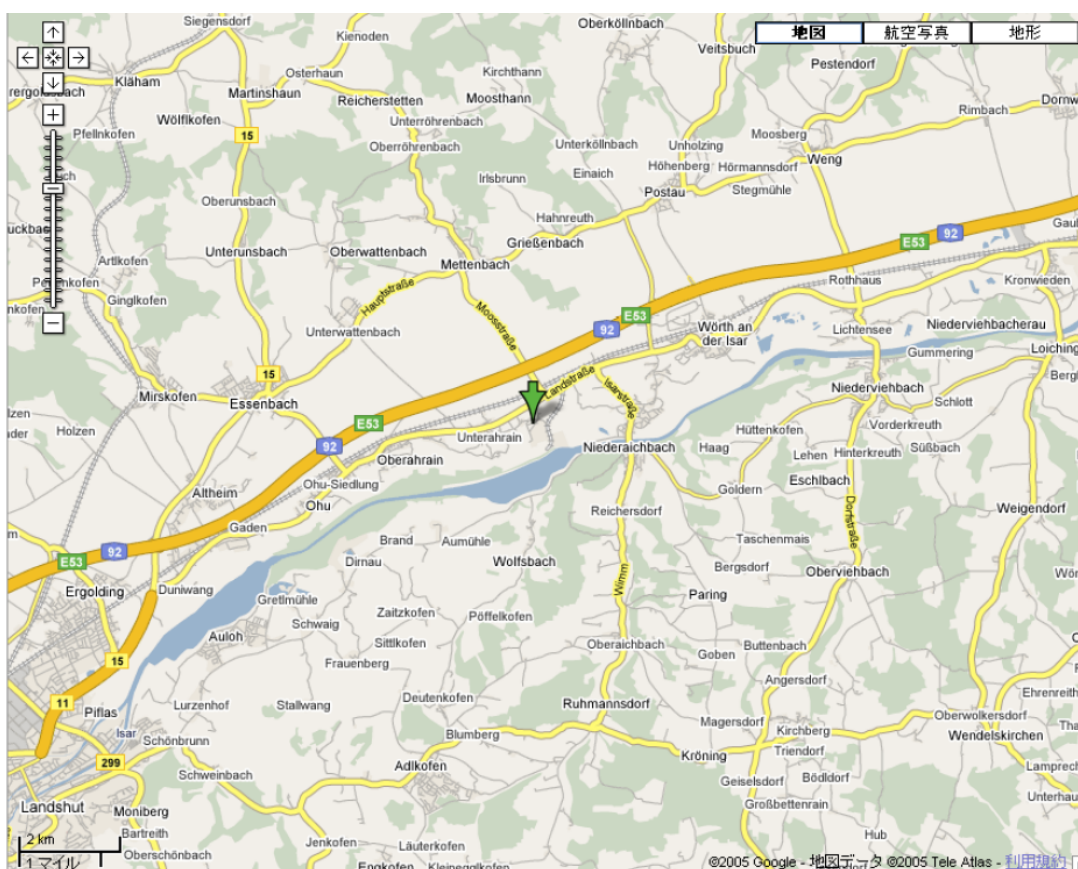
Reactor Characteristics

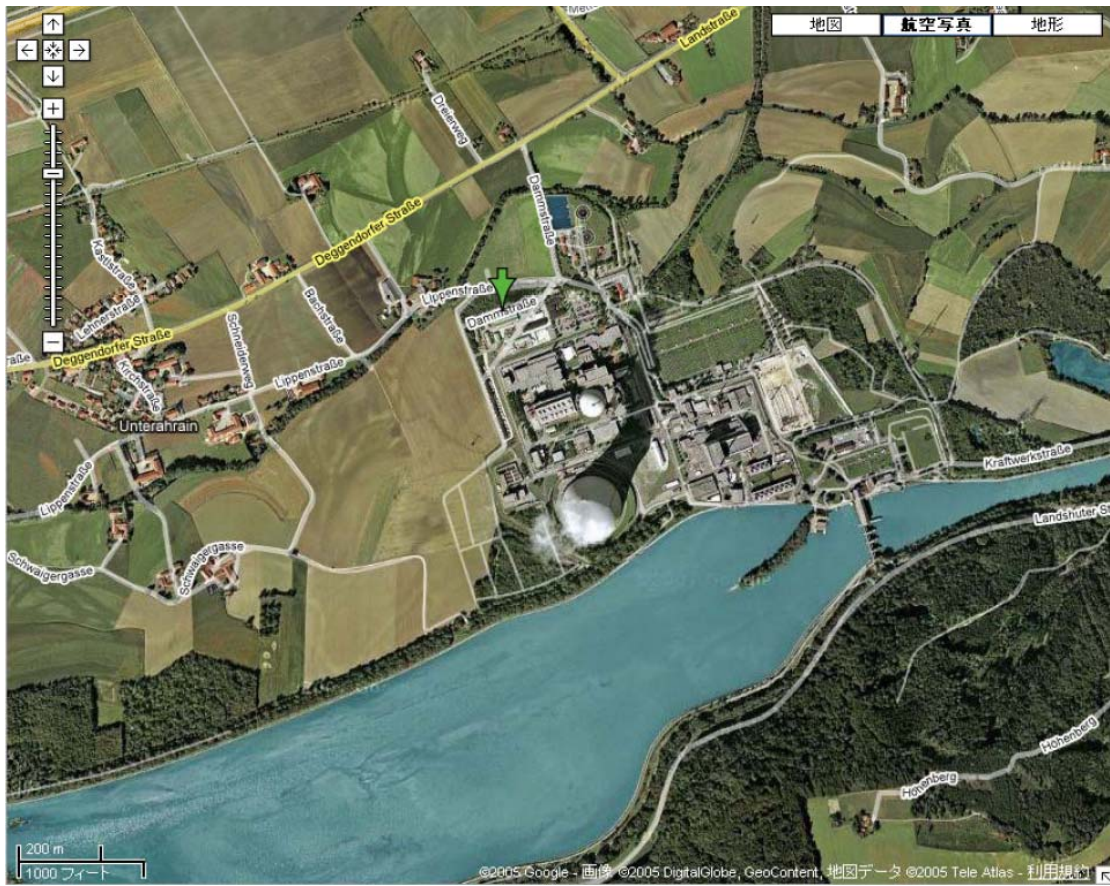
Dates

Type	PWR	Construction Started	1982/09/15
Status	Operational	Connected to Electricity Grid	1988/01/22
Net Capacity	1400 MWe	Commercial Operation	1988/04/09
Gross Capacity	1475 MWe	Long Term Shutdown	N/A
Shutdown	N/A		

(出典 : IAEA-PRIMS, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>)

2.4.4 プラント地図





3. ベルギー

3.1 ベルギー王国

立憲君主制の連邦制国家。隣国のオランダ、ルクセンブルクと合わせてベネルクスと呼ばれている。欧州連合（EU）の原加盟国であり、本部が首都ブリュッセルに置かれている。19世紀にネーデルラント連合王国（オランダ）から独立した国で、オランダ語の一種であるフラマン語を話す北部のフランデレン地域と、フランス語を話す南部のワロン地域とにほぼ二分される。建国以来、単一国家であったが、フラマン語系住民とフランス語系住民の対立が続いたため、1993年に連邦制に移行した。

3.2 原子力関連開発略歴

第二次世界大戦以前は、世界有数のラジウム生産国であった。大戦後、原子力エネルギーの商用利用の可能性の調査が行われ、1950年に原子力エネルギー委員会（Atomic Energy Commission）が設立された。Molに研究炉（英国のBEPOパイル炉と同様のウラン/黒鉛炉）としてBR1が建設され、1956年～1963年まで運転した。その後、BR2及びBR3（欧州で最初のWH社製PWR）が建設され、技術開発（ホウ酸による臨界制御、MOX燃料及びGd燃料の装荷）や運転員の訓練が行われた（これらの原子炉は現在解体中）。

1950年から民間企業による原子力による商用発電の可能性の模索が開始されている。Molの研究所では、PUREXプロセスを用いた再処理のパイロットプラントがOECDの後援の下建設された。同プラントは1975年まで操業し、現在、解体作業が行われている（2007年に完了する予定）。1954年には、後のBelgonucleaire社の誕生に結びつく産業界のコンソーシアムが設立され、プルトニウム燃料や高速増殖炉の技術開発が行われた。

ベルギーの電力会社及びアーキテクトエンジニアは、原子力関連技術の開発やBR3の経験を踏まえ、EdFのChooz発電所の建設に投資することを決定した。その後、1974年～1985年、Doel及びTihangeサイトでの商用発電が開始された。なお、Belgonucleaire社は、1986年、フランスのChooz A発電所用に世界で最初の商用MOX燃料を納入している。

3.3 原子力政策

1999年6月、社会主義系、環境保護系、自由主義系の連立内閣が発足し、反原子力の立場を標榜する環境保護政党が実権を握った結果、原子力発電から全面撤退するという新政策が打ち出され、2002年3月に脱原子力法案が閣議で採択され、議会でも2003年1月に可決された。これにより、全ての原子炉を商業運転の開始から40年を経た時点で順次閉鎖していくこと、新規の商業用原子炉の建設を禁止することとなった。

3.4 規制機関

ベルギーの原子力規制は、核物質の管理に関する連邦機関（FANC: Federal Agency for Nuclear Control）が担っている（1994年設立）。規制自体は、米国NRCの規制と規制で引用されている

ASME、ANSI 及び IEEE 等に基づいている。事業者に対する検査は、FANC とは独立した組織である非営利組織の AVN (Association Vinçotte Nuclear)が実施している。AVN の主な活動は、発電所の安全性検査、小規模の設備変更の承認、新しい認可申請のレビュー、定期安全レビュー (PSR) 関連活動のレビュー等である。なお、2007 年、規制活動の効率化のため、新しい組織として BEL V が設立された。BEL V は、FANC の下部組織で、2008 年から AVN が実施してきた全ての規制活動を引き継ぐこととなった。

ベルギーでは、原則、運転中の予防保全は禁止されている。

米国 NRC と同様の発電所のパフォーマンスを監視する指標が導入されている。AVN は 3 つの安全分野 (起因事象、緩和系及び従業員放射線安全) について非公式の PI を設定 (3 指標) しており、PI の結果に基づき追加検査を検討している。また、PI の結果の傾向分析を実施している。

3.5 原子力発電所

3.5.1 原子力施設の所在地

原子力発電所を有している電力会社は、Electrabel 社 1 社で、PWR 型の 7 基の原子炉を操業している (図 1 参照)。表 1 に示すように 2004 年～2006 年にかけて、総発電電力量の約 6 割を原子力発電が担っている。また、表 2 に、主な設備交換実績を示す。

Electrabel 社は、自プラントのパフォーマンスを見るために WANO の指標 (9 指標) に追加して独自に PI を設定している。また、事業者のエンジニアリングをサポートする組織として Tractebel Engineering 社がある。

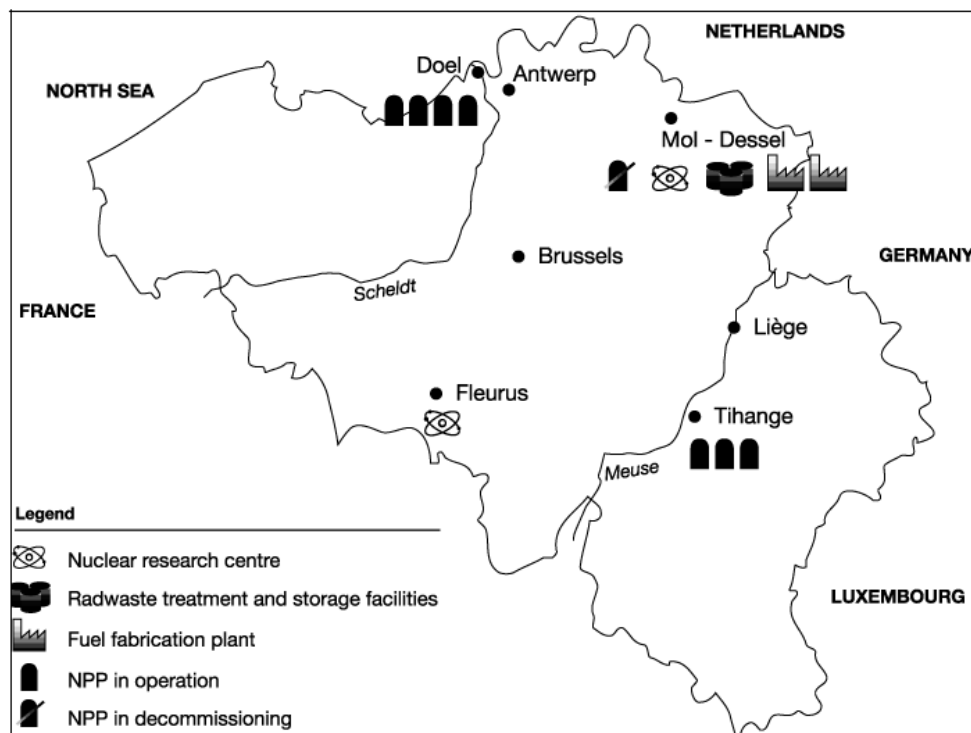


図 1 ベルギーの商用発電炉
(出典：IAEA, “Country Nuclear Profiles”, 2003 Edition)

表1 ベルギーの商用発電炉の発電実績

	発電容量 (Mwe)	商用運転 開始年	総発電量 (2004年) (TWh)	総発電量 (2005年) (TWh)	総発電量 (2006年) (TWh)	累積発電量 (2006年まで) (TWh)
Doel 1	412.5	1975	3.2	3.2	3.3	99678.6
Tinhange 1	1009	1975	7.4	7.1	8.6	217835
Doel 2	454	1975	3.1	3.7	3.6	93071.8
Doel 3	1056	1982	8.5	8.4	8.2	184797.1
Tinhange 2	1055	1983	8.9	8.2	7.5	177841.1
Doel 4	1064	1985	8	7.8	7.9	166360
Tinhange 3	1065	1985	8.3	9.1	7.6	175592.2
総計	6116		47.4	47.6	46.6	1115175.8
総発電電力量 に対する原子 力発電の割合			54.66%	52.71%	55.42%	

表2 ベルギーの原子力発電で実施された主な設備交換実績

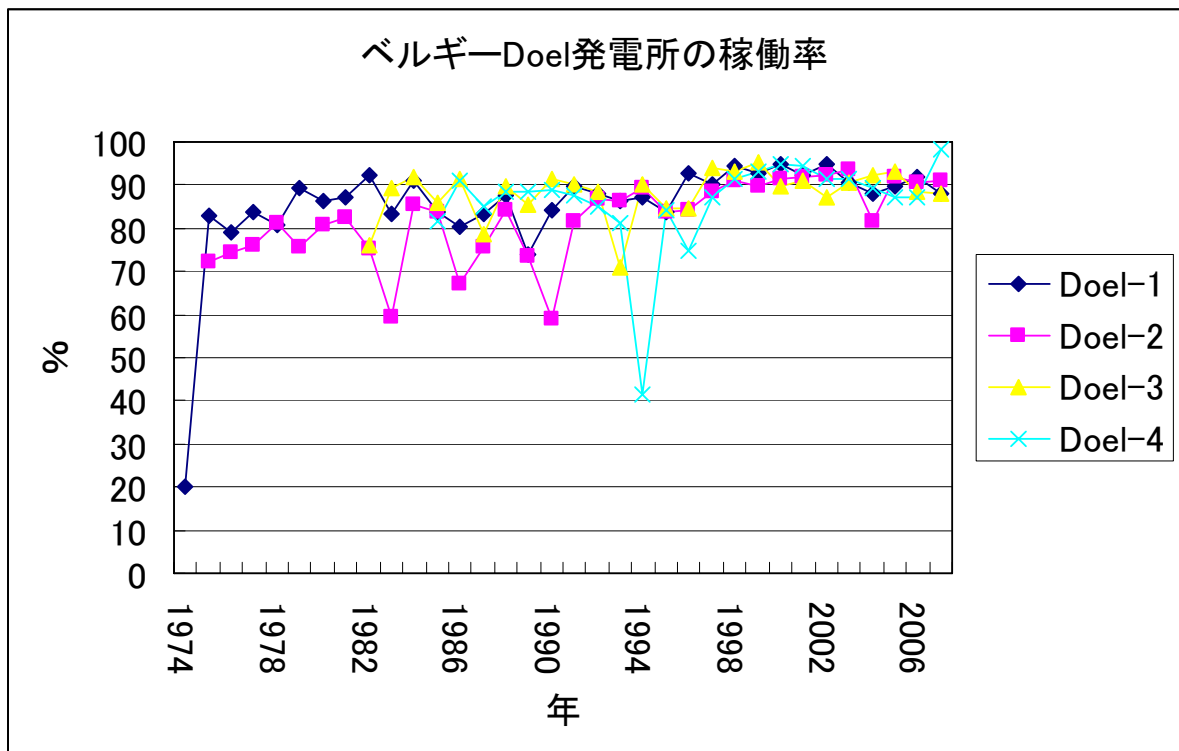
年	発電所	概要
1993	Doel 3	3台のSG交換及び出力増強
1994	Tinhange 2	MOX燃料装荷
1994	Doel 3	MOX燃料装荷
1994	Tinhange 2	出力増強
1995	Tinhange 1	3台のSG交換及び出力増強
1996	Doel 4	3台のSG交換
1998	Tinhange 3	3台のSG交換
1999	Tinhange 1	圧力容器ヘッド交換
2001	Tinhange 2	3台のSG交換及び出力増強
2004	Doel 2	2台のSG交換及び出力増強

2004年のDoel 2のSG交換及び出力増強は66日間で実施。

図2 Doel 2 での SG 交換風景



3.5.2 Doel 原子力発電所の稼働率



3.5.3 Doel 原子力発電所地図

