

「再処理施設等核燃料施設の安全評価の動向」

座長 青 木 成 文

（東京工業大学
原子炉工学研究所 所長）

「再処理施設等核燃料施設の安全評価の動向」



東京大学 工学部

教授 清 瀬 量 平

原子力施設、ことに再処理を中心とした核燃料サイクル諸施設の環境への影響までも含めた安全評価は、施設
の設計、運転技術の進歩、安全評価、環境評価の手法の改善、そしてしばしば“*How safe is safe?*”
との問いで表わされる安全に関する社会的合意を得ることの困難さなどを考えると大変困難ではあるが、また、
原子力の開発に当って基本的に重要である。

安全評価の手順としては通常設置者によって作成される安全解析報告 (Safety Analysis Report)
環境影響報告書 (Environmental Impact Report) に基づき、関係監督省庁またはその諮問機関におい
て各方面の専門家による審査が行われ、必要な場合には施設が設置される地域の住民代表をも含めた公聴会を
経て結論が出される (図1)。これらの手続きは施設の建設、運転の開始時および重大な設計、運転条件の変更
の際にも改めて必要となることもある。

安全評価および環境影響評価はまた、その施設の平常運転時と事故時とについてそれぞれ行われるべきであり
前者についてはとくに放射能の放出低減化とわずかではあるが長期にわたって放出される放射能の周辺環境にお
よぼす影響が、そして後者については想定されうる事故の解析とその危険性の評価とが要点となる。

これらについては原子力発電所、とくに標準化が進められている軽水型動力炉については安全審査基準やそれ
に基づく設計や評価に関する指針を、かなり詳細な点まである程度定量的に定めることが望ましく、また、可能
であろう。しかし核燃料施設の場合には、施設ごとにその工程、規模などがまちまちであり、さらに技術の進歩
の幅も大きいと思われるのですべての施設に適用しうる基準や指針を確立することは困難でもあり、また、ある
場合には技術の進歩に追従できない点でむしろ好ましくないこともあり得ると思われる。

動力炉と核燃料施設とをこのような点から比較して見れば

- (1) 動力炉においては核燃料は被覆管内に焼結ペレットの形で密封されているのに対し、核燃料施設では核燃料
の相当な量が非密封の状態で、しかも溶液、粉末、気体など種々の形態で取り扱われること。
- (2) 動力炉では炉心が臨界状態とすることがそもそもの目的であり、それに対して相応の計装制御装置が設けら
れるのは当然であるが、核燃料施設では絶対に臨界にならないことが重要であり、臨界安全設計および臨界事
故の解析という特別な考慮が必要となる。
- (3) 動力炉は高温、高圧で運転され、また核燃料は密封されているとはいえ炉心内に集中して存在するのに比
核燃料施設では一部を除き温度や圧力はそれ程高くなく、また核燃料物質はおのおのの工程に分散されて取り
扱われる。

これらのことから一般的に考えられることは動力炉では核燃料は一定の設計、運転条件の下で取り扱われるので、核燃料からの放射能放出を伴う事故の確率は極めて低い、万一想定されうる最大事故が発生した場合には、事故の規模は相当大きいと考えられる。これに対し、核燃料施設では各工程で種々の異常が発生する確率は比較的高いかも知れないが、それらが極端な大事故となることは考え難い場合が多い。また燃料施設の場合は化学的工工程が含まれることが多いから火災、爆発などの一般的工業安全対策も重要であることも忘れてはならない点であろう。さらに、ウラン濃縮や再処理の場合に代表されるように、核燃料施設の実用規模は動力炉数10基分の燃料をまかなえる程度に大きいことが通常であるから、同じような設計の施設がそれ程多設設置されることは少なくとも当分の間は考えられにくい。これらのことから前述のように、核燃料施設の安全評価はそれぞれの施設に対して、関連する最新の情報に基づいてケースバイケースに慎重に行われることとなる傾向が強い。いつれにしても図1に一般的に示されるように安全評価は、設置者、設計者、監督省庁、関係部門の学識経験者、さらに、施設周辺地域の公衆との間で十分な情報と意見の交流が行われ合理的な社会的合意が得られることが肝要である。

1. 核燃料施設の安全評価の要点

核燃料施設の安全評価の要点を大別すれば、従業員および周辺公衆に対する放射線管理、臨界安全管理、および立地の条件の選定ということとなる。

まず放射線管理については、核燃料物質が取り扱われる各工程における従業員の放射線被曝および周辺環境の汚染が発生する可能性の有無を検討し、事故の場合も含めて、これらによる障害ないし災害を防止するための十分な対策が講じられていることが基本的な考え方となる。具体的な措置としてはたとえば、施設に関して管理区域および周辺監視区域を明確に設定し、従業員の被曝線量および集積線量が国際的にも権威のある勧告に基づき十分安全側に設定された許容値をこえないこと、従業員および周辺公衆が呼吸する空気中および飲用する水中の放射性物質の濃度がそれぞれ上記と同様十分安全側に設定された許容値をこえないこと、およびこれらの事項が適切に行われるための放射線管理の方法や組織などについても適切な配慮がなされていることなどが挙げられよう。また臨界安全管理の基本的考え方は、施設内の核燃料物質が取り扱われる各工程における臨界の可能性の有無を検討し、臨界防止のための十分な対策が講じられていることであり、具体的な措置としては、核燃料物質が取り扱われる単一のユニットについて、その質量、形状寸法、濃度などが臨界に達しない十分安全側の値に制限されており、また複数のユニットの相互の配置についても適当に隔離などして相互干渉を十分考慮した安全対策が講じられ、また臨界安全管理の方法や組織などについても、適切な配慮がなされなければならない。立地条件については、万一の事故を想定してもなまかつ一般公衆の安全が確保できることが基本であり、防水、高潮など大きな災害の誘因となるような現象が少ないことはもちろん、災害を拡大するような事象も少ないこと、施設の安全対策設備との関連を考慮して一般公衆から十分に隔離されていることなどが要点となる。

さらに詳細な点としては、放射線管理については、外部被曝と内部被曝の双方を十分考慮し、核燃料物質が非密封で取り扱われる場合には放射能による汚染防止に特に注意し、また周辺環境の汚染防止のためには施設の構造が漏洩の少ないことはもちろん、排気、排水系統には適切な放射能除去設備を設け、また管理区域や周辺監視区域における放射線量率、空気中および水中の放射性物質濃度など、放射線防護上必要な十分な測定、監視のための機器や設備を設けなければならない。

臨界安全管理については前述のように、単一のユニットの質量、形状寸法、体積、または溶液の濃度について、核的に安全な制限値が定められており、また、ユニット相互間は核的に安全な配置でなければならない。ここでいうユニットとは臨界管理を考える場合対象となる核燃料物質を取り扱う機器、容器などの明確に区分できる一つの単位部分をいう。これらのユニットについて、核的に安全な制限値および相互の配置を定めるに当たっては、測定または計算による誤差および誤操作なども考慮した十分な安全率を見込まなければならない。臨界安全管理のための核的基礎データなどについては、米国、英国、仏国、西独などでそれぞれ相当部数のハンドブックが作られ、また、しばしばその見直しや補充が行われているが、わが国では一見地味ではあるがこのような重要な作業がまだ行われていないのは極めて残念なことである。

立地条件については原則的には原子炉施設の場合と異なるものではないが、前述の通り具体的には種々の点で施設ごとにかなり大幅な相異がある。従って核燃料施設の場合には、ウラン燃料加工、プルトニウム燃料加工、再処理、ホットラボ、照射済燃料専用貯蔵施設など、施設の種類を明確にした上で、放射線管理や臨界の可能性、想定される事故なども関連した上で立地条件についてそれぞれ慎重に検討評価がなされるべきであろう。

2. 諸外国における安全基準と規制体制

わが国の核燃料サイクルに関する施設、およびまた輸送や貯蔵に対する需要が増加するに伴い、これらに対する安全基準と安全規制体制の確立は緊要である。この面で参考とすべき諸外国としては米国、英国、仏国、西独などがあるが、各国ともその原子力開発の歴史と考え方の相異からそれぞれ特徴のある動向を示している。

まず米国では民間の施設の安全規制については原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission）がそして国立研究所などの国有施設については、エネルギー研究開発庁（Energy Research and Development Administration）が監督することとなっている。原子力規制委員会の組織は図2のようであり、核燃料の安全性に関連する部局には斜線が施してある。実際の安全規制の実務を担当する核燃料サイクル安全係の他に、安全に関する基準や規格の作成を担当する規格開発室や安全規制に関する研究開発を担当する研究室が独立にあって核物質安全性ならびに保障措置室の人員は約190名、年間予算は約39億円とのことである。米国では一般に安全関係の基準、規格を統一的に整備しようとの努力が続けられており、米国内基準協会（American National Standard Institute）が各専門の学協会に委託して作成し承認された各種国内基準などをもとにして安全規制指針（Regulatory Guide）が、核燃料施設関係でも多数作成整備されている。また立地や環境に関しては環境庁（Environmental Protection Agency）が原子力をも含めて一般的に規制を担当しており、核燃料サイクル施設（ただしプルトニウム利用は含まない）については、本年1月に環境放射線の年間割り当て量を一般人につき全身25ミリレム、甲状腺75ミリレムその他の臓器25ミリレムとするなどの基準（40-CFR-190）を制定している。

英国の原子力施設は、原子力施設検査局（Nuclear Installations Inspectorate）により安全の審査と規制が行われ、施設の建設運転などを担当するエネルギー庁とは一応独立した組織となっている。また立地に関しては環境庁が原子力以外の施設なども含めて規制、指導に当たっている点は米国と同様である。安全規制に関連する研究は英国原子力庁（United Kingdom Atomic Energy Agency）内の安全信頼性管理部（Safety and Reliability Directorate）において行われ、とくにフェールト・ツリ

による確率論的な事故解析手法の研究などが進展中である。また安全設計上検討すべき事項129項目を、立地および公衆の保健、事故の影響などに関する16項目、外部被曝や空間線量率に関する18項目、放射能汚染防止に関するもの24項目、臨界安全管理に関するもの21項目、火災や爆発に関するもの27項目、避難や照明などその他の一般工業安全に関するもの23項目に分類し、注意事項や参考資料などが整理されている。図3.に英国における安全審査の手順を例として示す。

仏国では原子力施設の安全審査は、図4.に示すように工業研究省(Ministre de l'Industrie et de la Recherche)の下の原子力施設安全総局(Service Central de Sécurité des Installations Nucléaires)により一元的に行われ、核燃料施設に関しては、

- (1) 立地条件、施設、平常時および事故時の安全性、組織などに関する概要
- (2) 主要設備の設計と機能、廃棄物の処理方法、運転組織、事故対策、付帯設備などに関する詳細な記述
- (3) 事故時における施設内および周辺環境の安全解析および放射性廃棄物の処理法および環境へ放出される放射能の影響などに関する評価

の3部から成る“原子炉以外の原子力施設に関する安全解析手引書”がまとめられている。核燃料施設の安全評価に当たっては、施設ごとの特殊性を考慮し、かつさまざまな事故の確率を重視して、実情に則して判断すべきこととしており、施設の種類、規模などについてもかなり明確な分類がなされている。

西独の特徴は図5.に示すように原子力施設の許認可当局は各州の最高機関である点であるが、安全規制に関する技術的基準の作成やそれに関する調査研究などは連邦政府によって行われ、また各州における許認可に関しても各種委員会や専門部会を通して指導、助言を与え審査基準の整合性を図っている。このような一種の二重規制方式の利点としては、中央審査組織が独走するかそれがないことと、地方ごとの事情が十分反映しうることにありとされている。核燃料施設については、化学工場のな性格から、原子炉と比較して事故の危険性は規模、確率とともに小さいとしており、やはり施設ごとの条件に応じて解析、評価を行えばよいと考えられている。想定される事故としては、火災、爆発、使用済燃料や高レベル廃棄物の貯蔵施設での冷却水の喪失などを施設内で起りうるものとして挙げているが、施設外での爆発や地震などの他にもサボタージュや外部からの襲撃までも考慮している。施設内部に起因する事故については、臨界事故も考慮するがとくに重大事故とはされず、大規模な火災や化学爆発などを重視している。

3. わが国の現状と問題点

核燃料施設の安全評価は、今後のわが国の核燃料サイクル事業の健全な発展にとって基本的に重要であるにもかかわらず、前節で紹介した諸外国に比してとくに安全基準およびその具体化のための安全設計指針の整備は必ずしも十分であるとはいえないように思われる。臨界安全管理を例にとっても上記の諸外国では安全管理の原則および臨界安全設計に必要な臨界量に関するデータや計算コードが相当整備されているのに対し、わが国にはいまだそれに相当するものが各機関に散在するもの十分比較検討され整理されているといい難い。

わが国の原子力の開発において、動力炉に關係するものと併行して、核燃料施設に関する安全規制体制の確立、安全審査基準および設計指針などの整備拡充、核燃料施設の安全確保に関する研究開発の促進、そしてとくにこの方面に関心をもち、また実務にたずさわる研究者、専門家の育成などが地味ではあるが極めて重要な問題であることの認識を新たにして、早急に適宜な措置が講じられることが望まれる次第である。

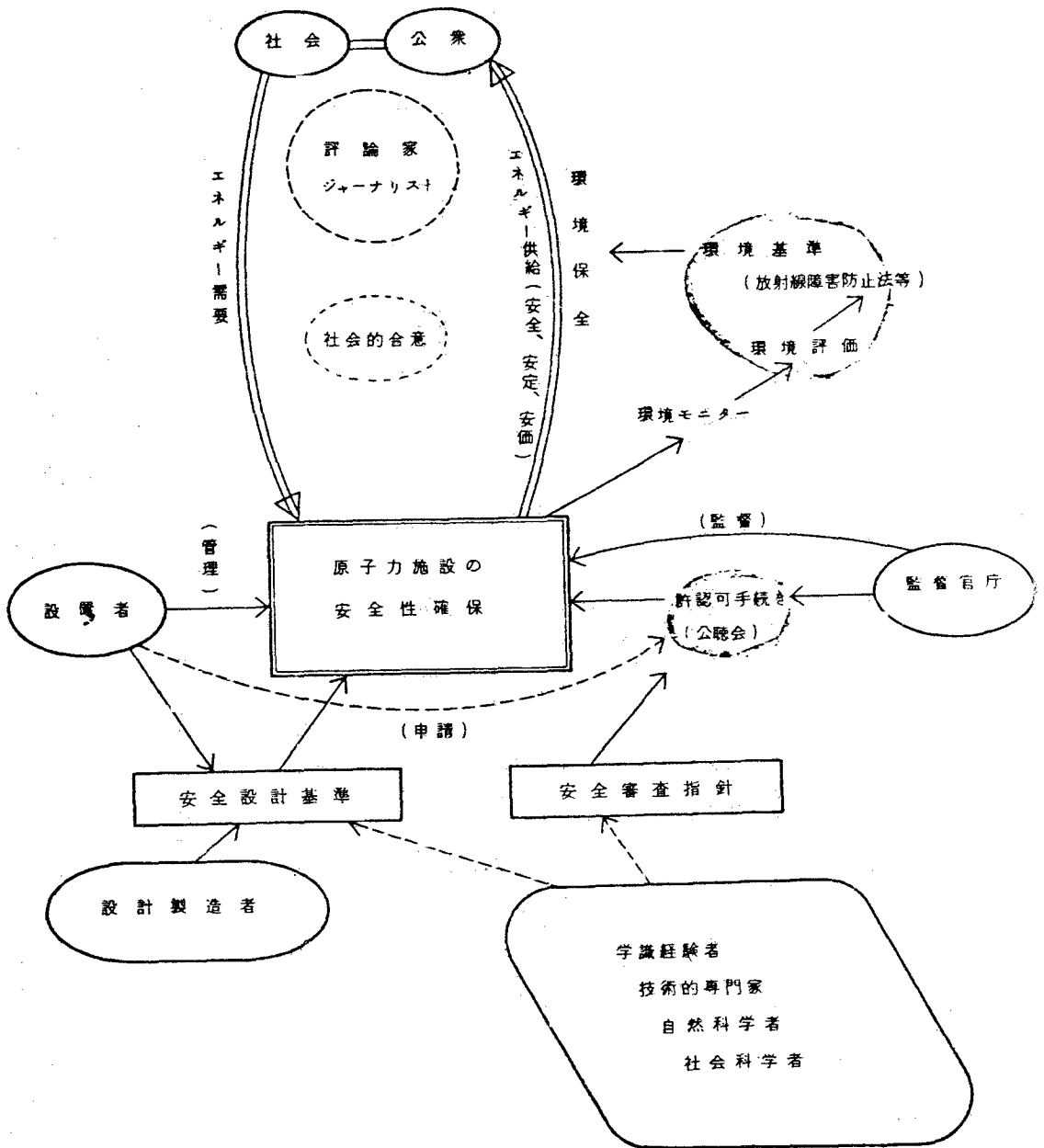


図1. 原子力施設の安全評価システム

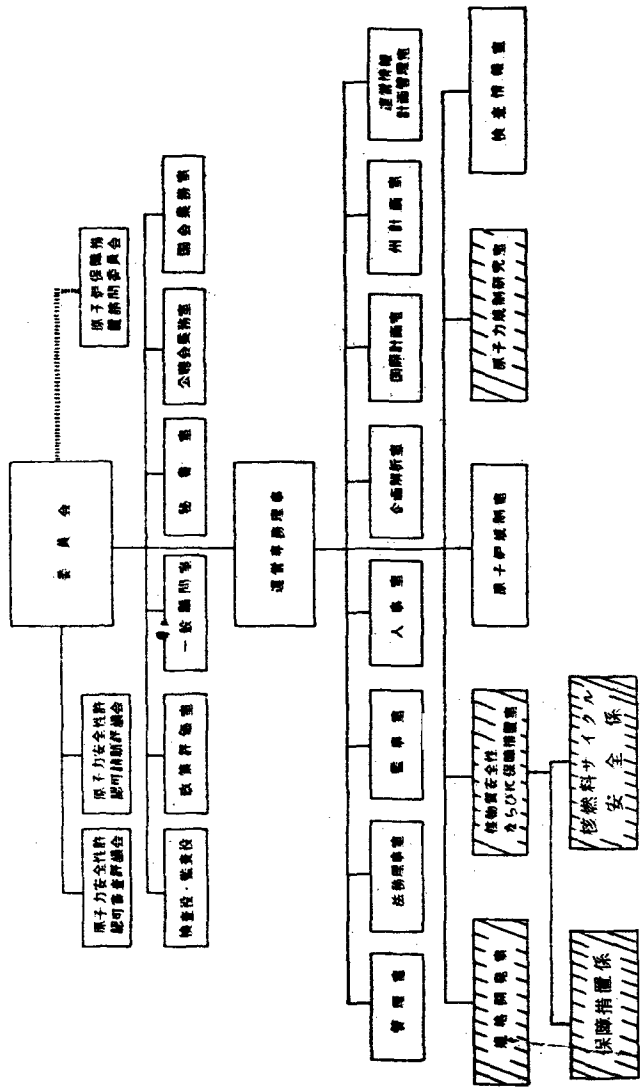


図2. 原子力規制委員会(NRC)の組織図(米国)

設計と運営

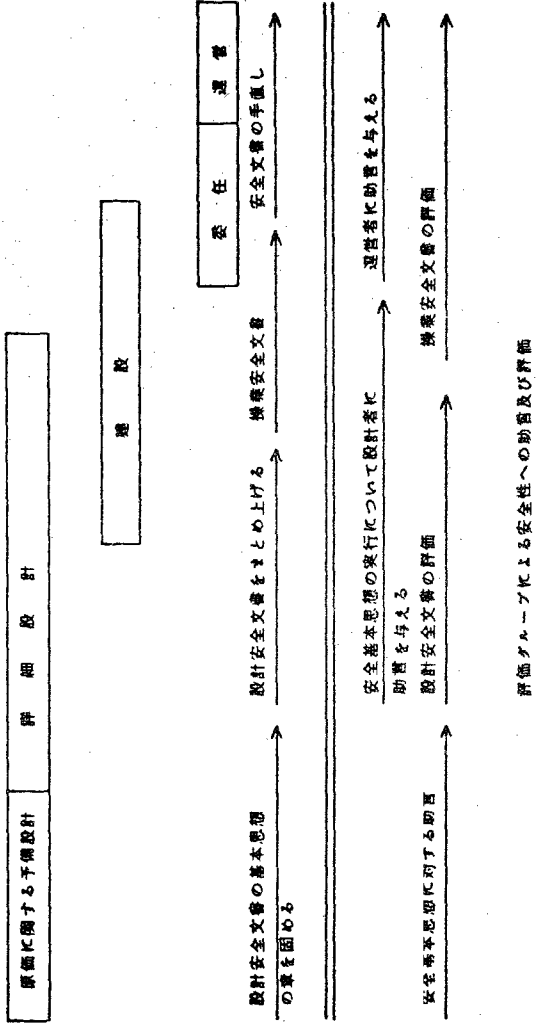


図3. UKAEAにおける安全審査の手順（英国）

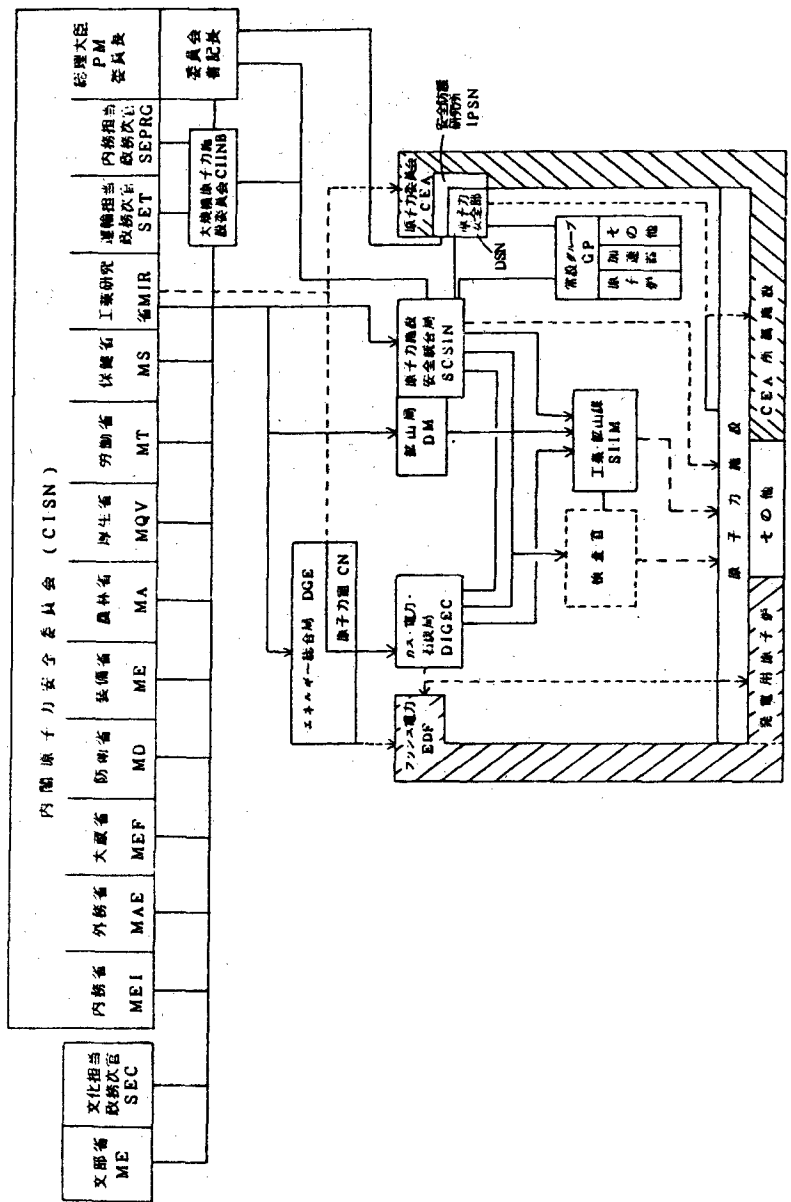


図 4. 原子力施設安全統合局 (SOSFIN) を中心とした安全審査組織 (仏国)

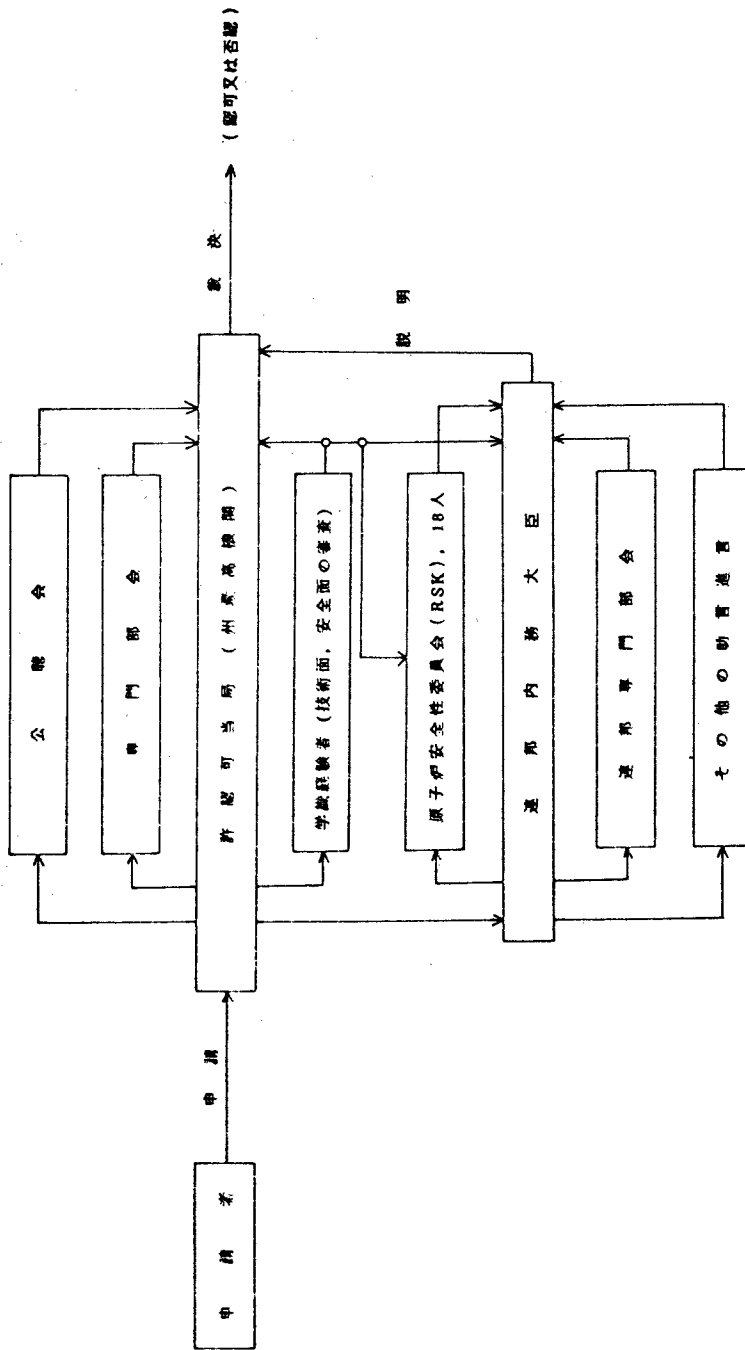


図 5. 安全審査組織図 (西独)