

東京大学大学院新領域創成科学研究科  
人間環境学専攻

平成 18 年度  
修士論文

書誌情報データベースを活用した事故の背景解析  
-チェルノブイル原子炉事故を例題として-

2007 年 2 月 20 日提出  
指導教員: 岩田 修一 教授

56766 渥美 和弥

# 目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景	2
1.1.1	はじめに	2
1.1.2	リスク管理	2
1.1.3	さまざまな産業がもつリスクとその対策	4
1.2	複雑システムが抱える問題点	6
1.2.1	異分野知識の活用	7
1.2.2	隠蔽というリスク回避行動	8
1.2.3	制度の比較	9
1.3	目的	10
第 2 章	事例紹介と書誌情報データベース	11
2.1	はじめに	12
2.2	事例選択	13
2.2.1	視点	13
2.2.2	チェルノブイル原子力発電所事故	13
2.2.3	RBMK とソ連邦の原子力体制	14
2.3	書誌情報データベース	17
2.3.1	Chernobyl Project	17
2.3.2	INIS(International Nuclear Information System)	19
2.4	書誌情報データ分析手法	21

第 3 章	Chernobyl Project に関する分析	22
3.1	はじめに . . . . .	23
3.2	研究トピックの時系列変化 . . . . .	23
3.3	Chernobyl Project の問題点 . . . . .	29
3.4	まとめ . . . . .	29
第 4 章	INIS に関する分析	30
4.1	はじめに . . . . .	31
4.2	ソ連邦における研究重点分野のトレンド分析 . . . . .	31
4.2.1	特徴語によるトレンド分析 . . . . .	31
4.2.2	主題分類によるトレンド分析 . . . . .	37
4.2.3	トレンド分析のまとめ . . . . .	43
4.3	研究者間の協調関係 . . . . .	43
4.3.1	共著関係の可視化 . . . . .	43
4.3.2	研究者の共著関係 . . . . .	44
4.4	まとめ . . . . .	49
第 5 章	考察	51
5.1	特徴語による分析と主題分類による分析 . . . . .	52
5.2	RBMK の文献情報からわかるソ連邦の原子力体制 . . . . .	53
5.3	書誌情報データベースの限界 . . . . .	55
5.4	異分野への応用のための「情報連携技術」 . . . . .	57
5.4.1	Semantic Web とは . . . . .	57
5.5	まとめ . . . . .	58
第 6 章	結論	59
6.1	結論 . . . . .	60
謝辞		61

参考文献	65
Appendix	68

# 目次

2.1	収録言語の割合 . . . . .	18
2.2	収録文献の分野の割合 . . . . .	18
3.1	1986～89年のトレンド . . . . .	24
3.2	1994～97年のトレンド . . . . .	25
3.3	2002～05年のトレンド . . . . .	26
3.4	出版数の推移 . . . . .	28
4.1	頻度と特徴度の関係 . . . . .	37
4.2	ソ連邦のトレンド . . . . .	39
4.3	アメリカのトレンド . . . . .	39
4.4	ドイツのトレンド . . . . .	40
4.5	検索語”reactor”のトレンド . . . . .	42
4.6	”reactor”に関する文献の著者の共起関係（1981～85年） . . . . .	46
4.7	”reactor”に関する文献の著者の共起関係（1987～91年） . . . . .	47
4.8	研究者の協調関係 . . . . .	50
5.1	Semantic Web アーキテクチャ . . . . .	58

# 表目次

1.1	国際評価尺度 . . . . .	4
3.1	すべての期間にあらわれる語 . . . . .	24
4.1	ソ連邦とアメリカの特徴語 . . . . .	33
4.2	ドイツとイギリスの特徴語 . . . . .	35
5.1	ロシアで運転中の原子力発電所の炉型 . . . . .	53
5.2	世界の原子力発電の運転経験 . . . . .	54

# 第 1 章

## 序論

## 1.1 背景

### 1.1.1 はじめに

大事故や大災害が起こるとメディアによって大々的な報道が行なわれ、そのたびに責任者が深く反省・陳謝する。そして、事故調査委員会が立ち上がり、事実関係の確認と事後的な解析が調査報告書として提出される。関係者の中で事実関係についての理解が深まり、一部がデータベース化され、将来同様の問題が発生した際の対策が講じられる。しかし、つくられたデータベースが十分に活用されることはなく信頼性工学、保全工学、安全学、失敗学、リスク論と専門家レベルでの学問領域は提案されるものの、専門家による問題の所在の理解が現場まで浸透せず、事故やトラブルはなくなることはない<sup>1)</sup>。

そこで本研究では分野別の地道な改善活動からもれる根本的な問題の抽出を、当該分野の書誌情報データベースを活用し、その背景にある学問のあり方を検討する。

### 1.1.2 リスク管理

産業界ではその企業を脅かす恐れのあるリスクの実態およびリスクが及ぼす影響がどの程度なのかを判断して、企業が被る損失を避けるためにリスクの管理がなされている。このリスクの定義は ISO によると「危害の発生確率と危害のひどさの組合せ<sup>2)</sup>」である。また、米国原子力規制委員会 ( Nuclear Regulatory Commission : NRC ) によれば、リスク理論による意思決定の過程は、リスクアセスメント ( Risk Assessment ) とリスクマネジメント ( Risk Management ) にわけることができるという<sup>3)</sup>。リスクアセスメントは、何か問題なことがどのくらい起こるのか、またその影響はどの程度なのかを評価することである。またそのリスクが受容可能かどうかを判断することも重要である。リスクマネジメントのための基盤技術として 1960 年代後半から原子力産業において確率的リスク評価 ( Probabilistic Risk Assessment : PRA ) という手法の研究が盛んに行われるようになった。ここでいう PRA とは、施設を構成する機器・システムを対象として、発生する可能性がある事象 ( 事故・故障 ) を網羅的・系統



的に分析・評価し、その被害の大きさと発生確率（または頻度）を評価することである。原子力施設では General Electric(GE) 社による N-Reactor のコントロールの際に PRA が用いられた<sup>3)</sup>。そして、航空機産業ではボーイング社とベル研究所が弾道ミサイルの開発の際にこの手法を用いた<sup>3)</sup>。リスク理論が世間に広く浸透したきっかけとして、Wilson, R.(1979)「Analyzing the Daily Risks of Life」が挙げられる。これによると  $10^{-6}$  の死亡リスクが最も社会が容認しやすいリスクであるという<sup>4)</sup>。

こうした準備を基にリスクマネジメントは、まず問題を明確にし、次に分析対象が好ましいパフォーマンスを発揮できるような目標と基準を設ける。そして、これらの目標や基準を満足するような代替案に対して分析を行い、得られた結果に基づき、行動に移すという構造をもっている。

つまりリスクアセスメントはリスクはどの程度なのか、またそのリスクが受け入れられるのか受け入れられないのかを判断することであり、リスクマネジメントはリスクを管理し低減する行為であり、管理手法である。一般に複雑な人工システムの管理には、人が本能としてもっている危機管理能力だけでは足りない。近年は複雑な人工システムが内包するハードウェア、ソフトウェアそれぞれが数百万部品、数百万ステップというふうに複雑化しているためにそれぞれが抱える欠陥を検出することが困難になっているからである。さらには、ハードウェアとソフトウェアとの相互作用において生じるエラーを予測することも困難になっている。つまり、ハードウェア、ソフトウェアそれぞれ単体ではうまく機能しているのに、全体のシステムに問題が生じるという問題である。さらに組織論的な原因が考えられる。つまり企業という枠組みで捉えたときには、企業という組織の競争力向上のための緻密化や細分化、また人材の高度専門化が進んだ結果、分野横断的なつながりが希薄になり、全体を俯瞰的に理解したり、専門分野の境界に対応した専門家がない場合もある。これは一組織内に限ったことではない。もっと大きな範囲でこの問題を捉えると産業間にもこの問題はあてはまる。多くの現場ではそれぞれの産業の背景や目的が異なるために同じ手法で扱うことはできないように見える。しかしながら原子力産業、航空機産業、自動車産業や医療サービスにおける安全の問題をリスクマネジメントといった普遍的な視点で再考することも意味があるのではないかと考える。そのためには、それぞれの現場

を支えてきた学問分野のあり方を検討することから作業を始める必要がある。

### 1.1.3 さまざまな産業がもつリスクとその対策

原子力産業においては一つの事故の被害が非常に大きいために、莫大な費用を費やして、起こりうる事故に関して対策を立てている。原子力関係の施設では国際的な事故尺度として国際原子力事象評価尺度 (International Nuclear Event Scale : INES) (図 1.1) が 1992 年以降に制定されている<sup>5)</sup>。この尺度は 0 ~ 7 までの 8 段階で事故を評価していて、これに基づいて過去の事例を評価すると、最も重大な事故は旧ソ連のチェルノブイリ発電所事故 (1986) で深刻な事故であるレベル 7 に分類される。次いでアメリカのスリーマイルアイランド (TMI) 原子力発電所事故 (1979) は所外へのリスクを伴う事故であるレベル 5 である。また国内で起きた事故では JCO 事故 (1999) のレベル 4 (所外への大きなリスクを伴わない事故) が最大である。原子力発電所に関しては大規模な事故の事例は少ないが、安全上重要ではない事象と判断されるような小規模なトラブルは少ないとはいえない状況である。

表 1.1 国際評価尺度

レベル	基準1:所外への影響	基準2:所内への影響	基準3:深層防護の劣化
事故	7 深刻な事故	放射能物質の重大な外部放出/ヨウ素131等価で数万テラベクレル以上の放射能物質の外部放出	
	6 大事故	放射能物質のかなりの外部放出/ヨウ素131等価で数千から数万テラベクレル相当の放射能物質の外部放出	
	5 事業所外へのリスクを伴う事故	放射能物質の限定的な外部放出/ヨウ素131等価で数百から数千テラベクレル相当の放射能物質の外部放出	原子炉の炉心や放射能物質降壁の重大な損傷
	4 事業所外へのリスクを伴わない事故	放射能物質の少量の外部放出/法定限度を超える程度(数ミリシーベルト)の公衆の被ばく	原子炉の炉心や放射能物質降壁のかなりの損傷/従業員の致死重被ばく
異常な事象	3 重大な異常事象	放射能物質の極めて少量の外部放出/法定限度の10分の1を超える程度(10分の数ミリシーベルト)の公衆の被ばく	重大な放射能物質による汚染/急性の放射能障害を生じる従業員被ばく
	2 異常事象		かなりの放射能物質による汚染/法定の年間線量限度を超える従業員被ばく
	1 逸脱		運転制限範囲からの逸脱
尺度以下	0 尺度以下	安全上重要ではない事象	
	評価対象外	安全性に関係しない事象	

(出典) : INES ホームページ<sup>5)</sup>

また、航空産業においては事故に遭遇する確率は統計的に見ればかなり低く、航空機に毎日乗っていても、事故に遭うのは438年に1度とされている<sup>6)</sup>。

大規模な事故はあまり多くはないが、一度事故が起きてしまうと多大な被害を及ぼす原子力施設や航空機の分野では、事故の詳細なデータベースを作成し、重大な事故の解析や予測をすることで安全性の向上を目指している<sup>7)</sup>。そしてそのデータベースは基本的にオープンになっており、誰でもアクセス可能である。しかし、原子力施設や航空機での経験が他の分野で活用されることは極めて少ない。人工物の事故またはトラブルは、想定した機能、標準状態からの逸脱によって生起する。こうした事象を予測し、管理するために個々の部品の経年変化と複数の部品の相互作用が示す複雑な振る舞いを理解する必要がある。そのため個々の安全はその関連分野の深い知見と豊富な経験を必要とする。このため安全に関する知見は本格的に個別対応となり、極めて専門性が増す。こうした事情によりこれまで安全技術は各分野独自の領域依存の経験的技術として発展し、多くの現場は他の分野の人からはなかなか窺い知れないものになった。そのため分野ごとの専門知識を深く追求しない限り適切な運用ができない。さらに個別のケースを対象とした安全技術は素材や設計の変更によりたちどころにして役に立たなくなる。そこで、分野固有の技術に学際的な考察を加え、共通部分や共通した考え方を普遍性の高い工学的知見として整理し、適用範囲を拡大することが重要になる<sup>1)</sup>。

## 1.2 複雑システムが抱える問題点

私たちの生活を支えるさまざまな産業は複雑であり、多様性をもっている。原子力、航空宇宙、医療などの大規模かつ複雑な人工システムは『複雑システム』<sup>8)</sup>と呼ばれる。1984年に出された Perrow. C の著作「Normal accidents : Living with High Risk Technologies」では複雑システムの特徴として以下の4つを挙げている。

1. 生産の系列外の部分や構成単位が、共通モードで結合していたり物理的に接近していたりすることがある。
2. 思いがけないところにフィードバックループがある。
3. 制御のパラメータの間に思いがけない相互作用が存在することがある。
4. サブシステムが結合していることがある。

これらの特徴は事前に予想することは難しい。高度な科学技術を駆使した複雑な人工システムのすべてをひとりの専門家が理解することは不可能に近い。よって完璧な設計を実現することは容易ではなく、事故を完全に防ぐということは不可能に近い。したがって、事故はなくすのではなく減らすことに力を注ぐべきである。こうした考え方のもと、これまでに複雑な人工システムに対しては、システムの構造に注目した空間的な手法、長い時間スパンを考慮した時間的な手法、学術的な論理から導きだされた手法、時空間に対する物性から捉えた物理的手法、人間の行動を考慮した認知的手法などさまざまな手法がとられてきた。

こうした観点から複雑な人工システムの安全を対象にした研究として、中井(2006)<sup>6)</sup>による人工物の異分野横断的手法による予防保全のための研究がある。それは人工物の寿命に着目した「時間的アプローチ」と、システム機能を、伝達する機能、処理する機能、処理対象を提供する機能、処理した結果を外部に反映させる機能、機能どうしを連結する機能というように抽象化し、実際に起きた原子力発電所の事故や自動車のリコールに適用して、異分野間での相関性を比較した「基本機能的アプローチ」という2つのアプローチによって構成されている。これはあくまでもシステムを空間的(物理的)に捉えた手法である。一方、医療分野では機器の誤作動や、機器の不具合に

よる事故だけではなく、医療過誤という言葉があるように人間が誤って事故を起こすという事例がめずらしくない。だからといって人間による過ちを完全になくすというのは、事故をなくすということと変わりなく、不可能に近い。そこで事故につながるような過ちをできる限り少なくする対策が重要になってくる。つまり組織としてどのような安全対策を講じていくのかが重要になってくる。

複雑な人工システムの特徴をあらわす「意図せざる結果の法則」<sup>9)</sup>というものがある。この法則は社会学で使われる考え方で、人々が主観的な目的のためにとった行動が、その意図された結果とは別の結果を同時に引き起こしていることを指す。例えば、自動車の運転で考えてみると、「自動車を運転する」ことは「通勤」や「趣味」といった目的で行なっている行動である。しかし、この行動は間接的に「地球温暖化」や「交通事故の増加」に参与している可能性がある。こうした特徴は、不断の問題再設定と行動を要請するものであり、それは伝統的な学問体系の枠組みを超えるものである。

### 1.2.1 異分野知識の活用

学問分野の細分化や高度専門化による弊害を克服するため、異分野の知識や手法を自分の分野に活かしていこうという動きが起きている<sup>10)</sup>。医療分野では近年問題となっている医療事故に対する一手として、2005年にこの問題に対する初の学会が設立された。この「医療の質・安全学会」<sup>11)</sup>では相次ぐ医療事故を科学的に分析し、医療の安全策提言につなげることを目的としている。そしてこの学会では医療従事者だけでなく、品質管理を専門にする工学者や認知心理科学者といった異分野の専門家を集めることにより、幅広い視野で研究を行なうことを目指している。つまりは学融合をはかることで従来の医療分野では「あまり気にしていなかったこと」や「効果があると思われていたこと」が実は事故の温床になっていたというようなケースに他分野の視点を積極的に導入することで全体の信頼性を高めていくことが狙いである。

## 1.2.2 隠蔽というリスク回避行動

複雑な人工システムにおいてリスクを低減するためには、何重にも安全対策を施すことを余儀なくされる。特に原子力分野では『深層防護』という考え方がある。これは、安全確保に高度の信頼性や確実性を確保する考え方である<sup>12)</sup>。ところが、リスクはゼロにできないため十分に安全対策をするためには大変な労力がある。それは企業に経済的負担を強いるものでもある。日本では、原子力施設において諸外国に比べて定期検査に予算を多く割いているものの安全指標のデータは横ばいの状態が続いているという現状がある。そのため、従来の手間や費用がかかるやり方では、今後電力の自由化を行っても経営の見通しが立たず、結局自由化の意味がなくなってしまうおそれがある。そして、この定期検査にかかる莫大な費用が隠蔽という逃げ道につながっている。例えば原子炉内に亀裂が見つかって、修理するとなれば電力会社は1日あたり数億円に達する負担を強いられることとなる。この負担を低減するために隠蔽という手段がとられることがある。実例として、2002年に発覚した東京電力をはじめとする複数の損傷隠蔽事件が挙げられる。こうした事件が国民の不安感を煽り、国民を安心させるための莫大な検査費用が引き続き投入されるという悪循環をもたらしている。

また、自動車産業にも同様の傾向が見られる。自動車産業に限ったことではないが、一般に製造業にはリコールという制度が設けられている。自動車産業におけるリコールとは、欠陥車による事故を未然に防止し、自動車ユーザー等を保護することを目的とするものであり、自動車製作者等が製作し、または輸入した同一の型式の一定の範囲の自動車の構造、装置または性能が自動車の安全上、公害防止上の規定に適合しなくなるおそれがある状態、または適合していない状態で、原因が設計または製作の過程にある場合に、その旨を国土交通省に届け出て自動車を回収し、無料で修理する制度である。しかし、リコールには莫大な費用と膨大な時間がかかる。よって、原子力施設のような隠蔽が行われることがある。特に、隠蔽の場合には事故が起きてはじめて明るみにあるためにそこには被害者が存在する。リコール隠しによる事故は、安全性をブランド価値の一部としている自動車会社の社会的信頼性を失墜させるだけでなく、ブランドとしての価値も激減させる。組織による事故の隠蔽は、一時的な企業の

経済的損失をなくすための行動であり、組織的な問題点の1つである。こうした問題は前提条件の設定の仕方と行動規範との関係に起因する問題であり、知のあり方、広義の学問のあり方とも関係する問題である。

### 1.2.3 制度の比較

前節で述べたように、各分野で安全・安心の実現が求められている。そのために各分野では事故の詳細なデータベースをつくり、重大事故の解析や予測をし、安全性を高める努力がなされている<sup>13)</sup>。しかしこの努力が効果をあらわしている一方で、リコール隠しなど事故を組織的に隠蔽しようとする動きがあとを絶たない<sup>14)</sup>。

つまり複雑システムにおいて事故を分析する際に、単に物理的欠陥や個人の過失のみを対象を絞ってはいは根本的な事故要因に辿りつくことはできないと考えられる。つまり事故を起こした組織がどのような組織であったのかということ进行分析が必要である。

こうしたシステム論としては、多様性論、径路依存性論、戦略的補完性論などがあり、これらを考慮して経済システムを分析する手法として比較制度分析<sup>15)</sup>がある。これは、他に比べて絶対的に優れたシステムは存在せず、さらにシステム内部でもどのような制度配置が成立しているかによって均衡状態は複数存在する可能性があるという『システムの多様性』<sup>15)</sup>や、システムは初期状態の違いによって進化する際に異なった径路を辿り、いったんある径路上を辿り始めると他の径路に移ることは極めて難しくなる『径路依存性』<sup>15)</sup>、この結果、ある行動パターンが普遍的になればなるほど、その行動パターンを選択することが戦略的に有利となり、自己拘束的な制約として働くという『戦略的補完性』<sup>15)</sup>を考慮し、分析を行なっていく手法である。本研究では比較制度分析の背景に立ち返り、重大事故の背後に潜んでいた問題点を従来比較制度分析においてツールとして用いられるゲーム理論ではなく、書誌情報データベースを用いて分析を行なう。この際事例としてチェルノブイル原子力発電所事故を取り上げ、複雑システムの階層構造(国家, 研究機関, 研究者)に注目し、チェルノブイル原子力発電所事故を起こしたソビエト社会主義共和国連邦(以下、ソ連邦)と全世界、そして他の国家との関係を踏まえて、当時のソ連邦がどのような状態であったのかというマク

口な組織論的な視点と、ソ連邦内の地域間での人のつながりと知識の流れがどのようになっていたのかというミクロな人の行為をもとにした視点の両方から書誌情報データベースを用いて分析を行なう。また、ここで使われている『制度』<sup>15)</sup>とは、法的制度のみならず、企業組織または人々が形成する自発的組織などを含んだ広い意味で使われている。よって、対象は経済活動にとどまらず、原子力や航空宇宙、医療といった複雑システムまで拡大することを企図している。

### 1.3 目的

本研究では、事例として原子力分野における代表的な事故であるチェルノブイル原子力発電所事故を取り上げ、その後学問の状況を書誌情報データベースをもとに分析し、より安全な人工システムの実現への要件を明らかにする。



## 第2章

# 事例紹介と書誌情報データベース

## 2.1 はじめに

書誌情報分析は、当該分野の研究動向を俯瞰的に把握する手法である。本研究に関連した研究として INIS を活用して原子力分野またはその周辺の基礎的な研究を調査した例<sup>16)</sup>がある。この調査は、原子力分野全体を見渡し、原子力分野における技術の成り立ちや原子力研究の波及効果、さらに将来の方向性を抽出し評価を行なったものである。これは原子力分野全体を対象としたマクロな視点での調査である。このようなマクロな視点での調査は全体像をつかむためには有効であると考えられるが、本研究のようなある事故事例をとりあげ、その背後に潜む国家やその所属研究機関、そして研究機関に所属する研究者について考える場合、全体だけでなく「人」に注目する必要がある。

そこで本研究では、まずチェルノブイル原子力発電所事故とはどのような事故であったのか、さらには事故を起こした当時のソ連邦はどのような研究体制であったのかというマクロな視点で分析を行なう。次に、個々の文献の内容に踏み込んで、ソ連邦内の地域間、研究機関、そして研究者間でどのような情報の流れがあったのかというミクロな視点を組み合わせることにより、事故の背景となった研究開発の実情についての分析を実施した。

## 2.2 事例選択

### 2.2.1 視点

チェルノブイル原子力発電所事故は社会的にインパクトがあり、これまでにさまざまなことが語られているため、事故に関する文献が豊富にある。そして、チェルノブイル原子力発電所では事前に欠陥について認知され、そしてその対策案は提案されていた。さらに事故の直前には、その実験の危険性を危惧して反対する人々がいたにもかかわらず、その実験は実行され、事故が起こった<sup>17)</sup>。これは事故の原因が機械的構造の複雑性だけではなく、細分化された組織構造の複雑性にも起因していることを示している。チェルノブイル原子力発電所が特殊な原子炉をもっていたことを考慮しても、このような事故の可能性は他の複雑システムにも潜在的に存在していると考えられる。それは、事故自体が特殊であっても、背後に潜む組織的な問題は少なからずさまざまな複雑システムが共通して抱えている可能性があるからである。

### 2.2.2 チェルノブイル原子力発電所事故

チェルノブイル原子力発電所事故<sup>18)</sup>は1986年4月、ソ連邦(現ウクライナ)のチェルノブイル原子力発電所の4号炉で緊急停止時のためのタービンの慣性回転による電力確保の実験中に原子炉が暴走し、出力が急上昇した結果起こった。この際炉にたまっていた放射性物質が大気中に放出され、ウクライナ、ベラルーシを中心としてヨーロッパ全土にその被害が広がっていった。事故後の1986年8月に開催されたIAEA(International Atomic Energy agency) 事故後評価専門家会合で提出された事故報告書には原子炉や事故のプロセスが詳細に記載されていたが、その後の調査により、その内容は事実とは異なるものだということがわかった<sup>19)</sup>。当時のソ連邦の見解では、事故の原因は安全規則を無視した運転員の不適切な操作によるものだとしていたが、現在では、そもそも原子炉自体に欠陥があったこと、その欠陥について熟知していない未熟な運転員に炉の制御を行なわせていたり、電力供給が逼迫していた状況を何とかして打開しようと苦肉の策として重大な欠陥のある原子力発電所の設計・建設・運

用を行なったりしていたソ連邦の体制に問題があったなどさまざまな見解<sup>17)</sup>がある。

当時のソ連邦は、当時アメリカ合衆国（以下、アメリカ）がもっていた大規模な原子炉をつくる技術をもちあわせていなかったために、逼迫した国内の電力供給をまかなうには、どうしても独自で原子炉を開発せざるを得なかった。経済的、技術的双方の理由から原子炉は低コストで容易に製造できる必要があった。そこで開発されたのが、RBMK（黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉：Reaktory Bolshoi Moshchnosti Kanalnye）<sup>18)</sup>だった。ところが、このタイプの原子炉には欠陥があった。もっとも大きな欠陥は、運転の際に低出力で不安定になるということである。そこで欠陥を補うためにいくつかの運転規則が設けられた。ここで事故の原因とされている因子が大きくわけて2つ存在する。それは以下に述べる RBMK とソ連邦の原子力体制<sup>20)</sup>である。文献 20 にしたがって以下に2つの因子を要約する。

### 2.2.3 RBMK とソ連邦の原子力体制

#### 安全性の保障

原子力安全研究協会の調査資料<sup>20)</sup>によると RBMK の安全性の保障の問題から開発指導に携わる専門家は当時効力をもっていた規制技術文書に従わなければならない、さらに指示されている規定に対するあらゆる違反を指摘し、核安全監査局の同意をとりつけることになっていた。ところが、開発指導に携わる専門家の誤った理解のため炉心の物理的および構造的欠陥を抱えていた RBMK に対して、違反リストが存在していない。これは専門家らが、原子力発電所と原子炉プラントの設計が諸規準文書に完全に合致していると思っていたか、無視していたかのどちらかである。いずれにしても安全性を保障するためのシステムが機能していなかったことがわかる。

#### 責任の所在

原子力安全研究協会の調査資料<sup>20)</sup>によると三権の監督所轄官庁すべては、国家の経済活動を統括していたソ連邦閣僚会議の下にあったとされている。また、現場で問題が生じた場合、より上級機関のみ解決することができた。原子力発電所の建設と運転期間において効力をもっていた安全基準と規定から逸脱している計画の存在が指摘さ

れている<sup>17)</sup>。これは安全性検査システムが欠落していて、さらに規制をしている機関の科学技術支援非能率性を示している。

原子力安全規定では、物理エネルギー研究所の核安全課とクルチャトフ原子力研究所核安全実験室が研究指導者でもあり、また電力発電組織と同様に原子力発電所の安全に責任をもっていた研究開発の担当者の組織と電力発電組織は、ソ連邦核安全監督局の主要組織であったと定められている。このような状況は、規制機関には形式的な独立さえないこと、安全性に対する独立した評価をなす能力がないことを示している。

ソ連邦では 1982 年に原子力発電所安全確保のために初めて電力発電組織体という概念が規定された。この電力発電組織体というのは原子力施設が管轄下に置かれている組織のことを指す。このことは原子力施設と運転のあらゆる段階において原子力施設の安全性に対する責任を電力発電組織に負わせて、電力発電組織と規制する機関の間の責任を分割する可能性を与えなかった。原子力施設の安全性に対する責任は、おびただしい数の組織（主任設計者、総設計者、研究指導者）の間で分散され、実際には原子力施設の幹部のみが責任を負った。基準文書によれば、原子力発電所の幹部は発電所の運転上の執務規定の遵守のみが責任の対象であった。つまり、原子力発電所の運転上の安全条件を保障しなければならなかった国家は責任を果たすことなく、さらには然るべき権限を委譲することもなかった。このことは全ての機関と組織、そして実際に原子力施設で働き、運転に係っている人々の核安全性の責任の所在をあいまいにしたとされている。

#### 原子力発電所の信頼性

原子力安全研究協会の調査資料<sup>20)</sup>によるとソ連邦における核エネルギーの発展の初期段階では、原子力施設の安全性の懸念は、パイプライン、設備、そして原子炉プラントのその他の構成要素の高レベルでの品質を保障することを犠牲にして、重大な事故の可能性を排除し、著しいそれらの破損を回避することを前提としていた。この時期、原子力発電所は一般的な工業の規準を規定に従って設計され、建設され、そして運転されていた。その後、IAEA の後援の下に形成された原子力発電所の安全性に関する国際的な文書が発行され始め、安全性の意義を認識し、核安全の諸原則と諸規範

に関する国際的なコンセンサスを得ることを願って、また全世界の原子力施設における安全性のレベル向上を支援する目的で、加盟各国は 1974 年に原子力動力炉の安全性についての多くの問題に関する指針となるデータを研究するプログラムを導入した。ソ連邦の専門家らはこのプログラムに積極的に参加し、自国の規準文書の作成の際にこの国際的な経験を利用した。そして、ソ連邦では 1970 年代の初めに原子力施設のための安全特別規定が発効された。これらの規定によって、原子力施設の安全性の諸原則が設計の実務に導入され、チェルノブイル原子力発電所 4 号炉の設計も行なわれた。全体として、諸規定に記されている原子炉の構造上の諸規定は、国際的に承認されている安全性のコンセプトに合致していた。しかし、ソ連邦にあった規準文書の集団的な研究開発と承認の特殊性と関連して、諸規定はそれらの基準案を実現できない本質的な欠陥をもっていたとされている。つまり、規準案をクリアできなくても原子炉や原子力発電所の設計・建設・運用が可能であった。

このように、チェルノブイル原子力発電所事故の背景には原子炉の物理的・構造的欠陥、さらにはその欠陥を容認し、安全性や責任体制をあいまいなまま運転、さらには直接事故につながった実験をさせたソ連邦の体制に問題があったとされている。

こうした解釈についての真偽のほどは明らかでないが、本研究では、ソ連邦における原子力関係の文献情報から事故の背景にある事実を抽出することを試みることにする。

## 2.3 書誌情報データベース

### 2.3.1 Chernobyl Project

1989年に国際原子力機関(International Atomic Energy Agency : IAEA)がソ連邦の政府から要請を受け、25カ国(ソ連邦を含む)と欧州共同体(CEC)、国際連合、国際労働機関(ILO)、国連放射線影響科学委員会(UNSCEAR)、世界保健機構(WHO)およびIAEAが協力してまとめられたデータベースである。この中にはチェルノブイル原子力発電所事故発生後の1986年から2005年までに出版された、事故のあらゆる面に関する文献(雑誌論文、報告書)についての概要情報が収録されている。文献数は19,000以上で、1つの文献につき、題目、著者名、概要、主題、出版地、発行年の情報が収録されている。

以下にChernobyl Projectの収録文献の言語と分野の割合を示す。

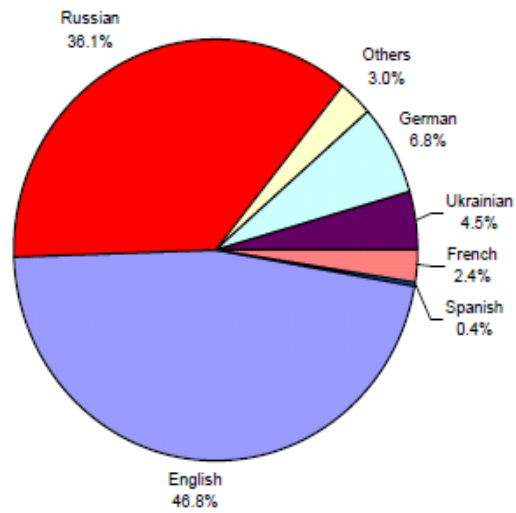


図 2.1 収録言語の割合

(出典) : Knowledge Resources on the Chernobyl Accident and its Consequences in the INIS Database

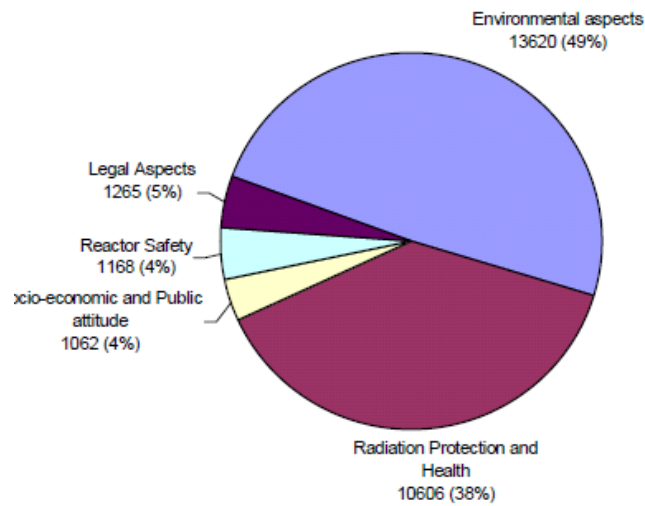


図 2.2 収録文献の分野の割合

(出典) : Knowledge Resources on the Chernobyl Accident and its Consequences in the INIS Database



## 2.3.2 INIS(International Nuclear Information System)

INIS (International Nuclear Information System) とは原子力分野にとどまらず原子力科学、技術の平和利用を目的として、IAEA が 1966 年に加盟各国に提案し、集められた文献情報を収録しているデータベースであり、IAEA が運用している。当初は主題の範囲が限定されていたが、1972 年に原子力全般に拡大され、その後さらに「放射線医学と核医学」、「非原子力エネルギーの経済面、環境面」が加えられた。そして、2005 年には収録文献が 260 万件を超え、114 カ国と 20 の国際機関が参加している。収録対象となっている文献は、雑誌論文、技術報告書、国際会議資料、書籍、特許、学位論文、法律、条例、標準規格、さらには Web 上の文書と形態はさまざまで、言語範囲も 63 カ国と多岐にわたっている。それぞれの文献について、題目、著者名、概要、主題、情報源、出版地、ディスクリプタ、言語、発行年の情報が記載されている。

### INIS の経緯

1966 年 IAEA が INIS 計画を加盟各国に提案。

1970 年 「限定された主題範囲」で雑誌、レポートを中心にスタート。

索引誌 INIS ATOMINDEX 創刊

1972 年 主題範囲を原子力全般に拡大し、会議論文、特許、翻訳、学位論文、短信類も対象に加える。

1976 年 INIS ATOMINDEX が索引誌から抄録誌となる。

1979 年 主題範囲に放射線医学と核医学を加える。

1992 年 主題範囲に非原子力エネルギーの経済面、環境面を加える。

1997 年 収録件数が 200 万件を超える。

INIS 非市販資料がマイクロフィッシュから CD-ROM に衣替え。

1998 年 INIS ATOMINDEX が冊子体から CD-ROM へ衣替え。

2002 年 INIS 本部が提供するインターネット版データベースの大学向け無料提供サービスを開始。

2005 年 収録件数が 260 万件を超える。114 カ国と 20 国際機関が参加している。

(出典：INIS データベース (独) 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部)

主な主題は以下のようになっている。

- PHYSICS OF ELEMENTARY PARTICLES AND FIELDS
- PLASMA PHYSICS AND FUSION TECHNOLOGY
- MATERIALS SCIENCE
- CLASSICAL AND QUANTUM MECHANICS, GENERAL PHYSICS
- ENERGY PLANNING, POLICY AND ECONOMY
- PARTICLE ACCELERATORS
- RADIOLOGY AND NUCLEAR MEDICINE
- ENVIRONMENTAL SCIENCES
- MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES, AND NON-RADIOACTIVE WASTES FROM NUCLEAR FACILITIES
- NUCLEAR FUEL CYCLE AND FUEL MATERIALS
- INORGANIC, ORGANIC, PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMISTRY
- NUCLEAR PHYSICS AND RADIATION PHYSICS
- RADIATION CHEMISTRY, RADIOCHEMISTRY AND NUCLEAR CHEMISTRY
- CONDENSED MATTER PHYSICS, SUPERCONDUCTIVITY AND SUPERFLUIDITY
- INSTRUMENTATION RELATED TO NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY

など多岐にわたっている。

## 2.4 書誌情報データ分析手法

社会的背景知識や知識の流れについて分析するため、まず書誌情報データベースから関連する様々な文献情報を収集する。その情報を用いて、国家レベルでの研究の重点分野を書誌的分析により明らかにする。次に文献の著者や共著関係に注目し、書誌的分析により学際的な相互の影響について調査する。どちらの手法もその後文献の内容と照らしあわせを行なう。具体的には大きく4つの手法を提案する。まず『Chernobyl Project』というデータベースを活用して高頻出単語に着目した時系列変化する研究トピックの抽出、『INIS(International Nuclear Information System)』というデータベースを活用して特徴語に着目した研究トレンドの抽出、INISの主題分類に着目した研究トレンドの抽出、そして文献の共著関係の分析による協調関係の抽出である。

## 第 3 章

# Chernobyl Project に関する分析

### 3.1 はじめに

Chernobyl Project データベースに収録されている 19,000 件の文献情報をもとにチェルノブイル原子力発電所事故以降の研究トピックスの遷移から、その社会背景の概観を捉えることを試みた。

そこで事故後の影響について考えるために重要なファクターを”phenomenon”, ”time”, ”space”, ”material”, ”human”の 5 つと定義した。事故の影響が現象として空間的に伝播していき、人間に影響を及ぼすという面と、事故の原因として物質の経年変化の影響が大きいという面を考慮した際にこの 5 つが重要なファクターだと考えたためである。

”time”は時間的空間をあらわすファクターである。”space”は物理的空間をあらわすファクターである。そして”phenomenon”は”time”, ”space”の 2 つの概念をあわせもつ事象に関係したファクターである。つまり、事故によって引き起こされる現象をあらわしている。”human”は人や人が摂取するものに関するファクターである。そして、”material”は物理的空間上に存在する物質をあらわしているファクターである。

### 3.2 研究トピックの時系列変化

Chernobyl Project に収録されている文献の概要を 4 年ごと (1986~89 年, 1990~93 年, 1994~97 年, 1998~2001 年, 2002~05 年) に抽出した。そしてそれぞれの期間の総単語数に対して 1 % 以上出現する語 (一般語を除く) を選択した。( 1 ) すべての期間にあらわれる語、( 2 ) 1 期間または 2 期間にしかあらわれない語 (ユニークワード) の 2 つに分類した。

次に、すべての期間にあらわれる語と 1 期間または 2 期間にしかあらわれない語を上記の”phenomenon”, ”time”, ”space”, ”human”, ”material”の 5 つのファクターに分類し、図示した。この際、バブルの大きさの変化やユニークワードの表示によって視覚的にトピックの時系列変化がわかるようにした。

以下にすべての期間にあらわれる語の表と 1986~89 年、1994~97 年、2002~05 年

におけるすべての期間にあらわれる語とユニークワードを図示した結果を示す。

表 3.1 すべての期間にあらわれる語

phenomenon	time	space	human	material
accident	1986	plant	water	dose
level	year	area	population	radiation
concentration	time	soil	thyroid	radioactive
contamination		system		radionuclide
activity				data
consequence				<sup>137</sup> Cs
				radioactivity
				fallout

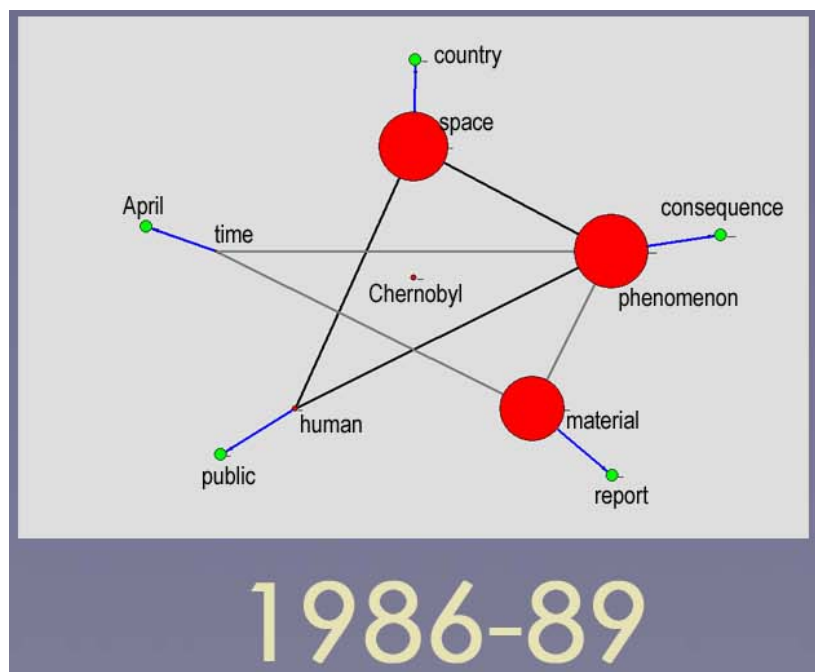


図 3.1 1986～89年のトレンド

文献数：2999 件

総単語数：35063 語

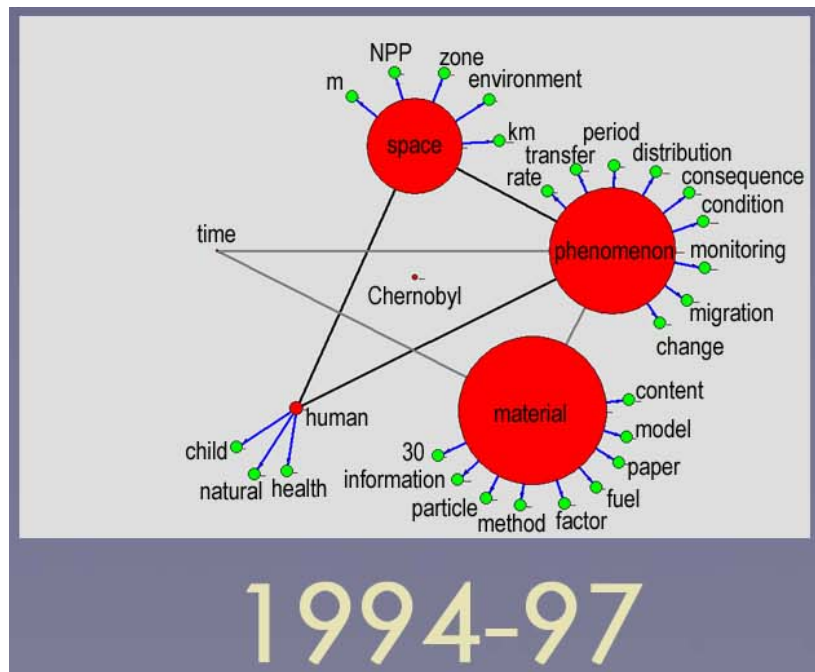


図 3.2 1994～97年のトレンド

文献数：6217 件

総単語数：40700 語

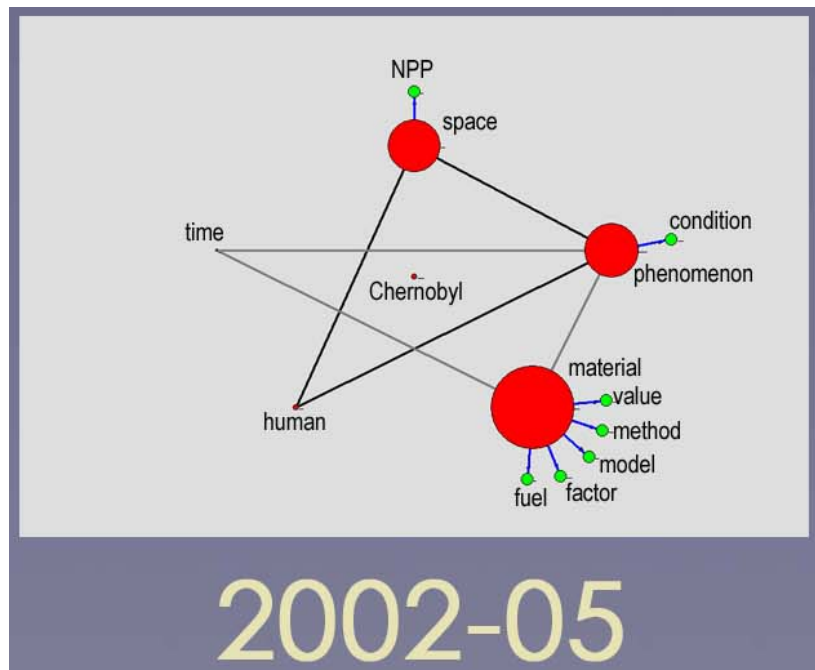


図 3.3 2002～05年のトレンド

文献数：3422 件

総単語数：15638 語



図 3.1, 3.2, 3.3 の赤バブルはすべての期間にあらわれる語の集合で、その大きさが全体に対する割合を示している。また、緑バブルはその期間にしかあらわれないユニークワードを示している。1986~1989 年から 1994~1997 年にかけて、すべての期間にあらわれる語の割合が高くなり、さらにユニークワードの数が増加している。これは事故後、時間が経つにつれて議論が活発になり、さらに多岐にわたる議論がされていることが推測される。そして、1994~97 年から 2001~05 年にかけてすべての期間にあらわれる語の割合もユニークワードの数も低下している。これはチェルノブイル原子力発電所事故の議論が下火になったことを示していると推測できる。

3 期間を比較するとすべての期間で特に顕著なのは 1994~97 年で、ユニークワードが他の期間に比べて多かった。このことからこの期間には多岐にわたるトピックが議論されたことがわかった。また全期間を通してユニークワードの数があまりない”human”に、1986~89 年にはみられなかった”child”, ”health”といった語がユニークワードとしてあらわれる。そこで”child”に関する文献をみてみると、それらは事故後の出生率や男女比、子供の死亡率などの統計に関する文献や、放射性物質に敏感な妊婦や胎児、また子供の身体に対して放射性物質が与える影響、特に食物を摂取する際の影響について調査している文献であることがわかった。このことから事故の人体への影響についての議論が深まるまでに事故が起きてからある程度の時間がかかることがわかる。つまり、低レベル放射性物質による環境汚染の影響は事故後すぐにはあらわれず、時間をかけて人間の体内に蓄積することによってはじめてなんらかの影響があらわれる、ということを示している。

図 3.4 を見るとこの期間に文献数が突出している。また、図 3.1, 図 3.2, 図 3.3 の変化と文献数の推移との関係を見たとき、文献数が多くなるとトピックも多岐にわたることがわかった。すなわち、図 3.1, 図 3.2, 図 3.3 を見ることで文献数の推移についても推定できる。

以上のようにすべての期間にあらわれる語やユニークワードを図示することにより、チェルノブイル事故に関する研究トピックの遷移を概観することができた。本研究で

用いた5つのファクターは重大な事故を分析する上で不可欠なものである。また用いた手法は期間ごとの変化の抽出に重点を置いた。

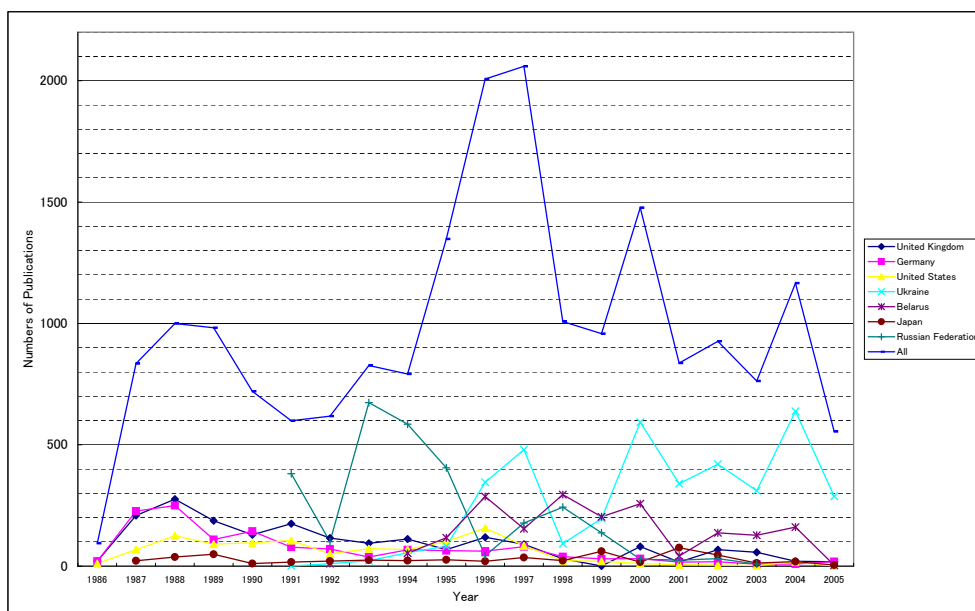


図 3.4 出版数の推移

### 3.3 Chernobyl Project の問題点

Chernobyl Project では、図 2.2 の収録文献のグラフを見てわかるように、事故後の環境や人体への影響に関する文献が主な対象となっている。そのため事故前のソ連邦の体制について分析することができない。また、図 3.4 を見てわかるように 1986～1990 年までのソ連邦に所属する機関から出版された文献として分類されたものの存在を把握できない。つまり、ソ連邦の文献情報があいまいであるため当時のソ連邦でどのようなことが議論されていたのかということを知ることができない。一方で、INIS には著者の所属機関についての情報が含まれているため、INIS を用いることで当時のソ連邦における研究トピックについて調べることが可能となる。また、「人」に注目したミクロな分析も可能となる。

### 3.4 まとめ

事故後 4 年毎の期間すべてで議論されているトピックに関するキーワードと一部の期間で特に盛んに議論されているトピックに関するキーワードを抽出した。そしてその時系列変化をみることによりチェルノブイル原子力発電所事故に関して世界で議論されているトピックの多様性を知ることができ、トピックの変遷を追うことができた。本研究では重大事故を分析する上で普遍的な 5 つのファクターの設定と時系列変化に重点を置くことによって事象と時間設定に依存しない手法を用いて、その有効性を示すことができた。

## 第 4 章

# INIS に関する分析

## 4.1 はじめに

前章で述べた INIS の特徴を活かし、まずはマクロな視点から、特にソ連邦と他の国との社会的背景や研究の重点分野の違いについて明らかにする。そして、ミクロな視点からソ連邦の専門家による主題分類を使ってトレンド分析を行なう。

## 4.2 ソ連邦における研究重点分野のトレンド分析

### 4.2.1 特徴語によるトレンド分析

まず、チェルノブイル原子力発電所事故を起こす前のソ連邦がどのような体制であったのかということ概要を抽出し分析することによって、その傾向をつかみ、世界または他の国との比較により明らかにする。そこで、1976～85年までの全文献、ソ連邦、さらに図 3.4 において文献数が比較的多い国であるアメリカ、ドイツ、イギリスそれぞれの文献から概要を抽出し、それぞれの概要に含まれる高頻出語（スペースで区切られた語）に注目し、この高頻出語を比較することでソ連邦における研究重点分野のトレンドを明らかにする。また他の国のトレンドとの比較を行う。ただし、全文献とそれぞれの国の概要の語数には大きな差があるため、単なる頻度やある単語が総単語数に占める割合（出現率）の順に整理した語を単純に比較することはできない。それは同じ 1%でも、全 100,000 語中 1,000 回出現する語と全 1,000 語中 10 回出現する語とはもっている統計的な意味が違う。そのため本研究では統計手法として、対数尤度比を用いた<sup>22)</sup>。事故が起きた 1986 年を除く 1976 年から 1991 年（1976～80, 1981～85, 1987～91）までの情報から概要を抽出し、世界全体と各国の比較を行い、全体の文献に対するその期間の文献に顕著に出現する単語（スペースで区切られた語）について分析を行なった。また、この際、“顕著”に出現する度合いを『特徴度 (keyness)』とし、特徴度の高い語を『特徴語 (keyness)』と定義する。この特徴度<sup>23)</sup>  $G^2$  は以下の式で表される。この特徴度の値が大きいほど比較対象の文書のトレンドとの差が大きく、値が小さいほど比較対象の文書のトレンドに近いことを示す。

$$\begin{aligned}
G^2 = & a \log(a) + b \log(b) + c \log(c) + d \log(d) \\
& - (a + b) \log(a + b) - (a + c) \log(a + c) \\
& - (b + d) \log(b + d) - (c + d) \log(c + d) \\
& + (a + b + c + d) \log(a + b + c + d)
\end{aligned} \tag{4.1}$$

	$X$	$Y$	
$w$	$a$	$b$	$a + b$
not $w$	$c$	$d$	$c + d$
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d = N$

ここで、 $X$  はソ連邦、アメリカ、ドイツ、イギリスの概要、 $Y$  は対象期間すべての概要、 $w$  は単語、 $a, b, c, d$  はそれぞれ単語数を表す。また、 $N$  は総単語数を表す。

以下にソ連邦、アメリカ、ドイツ、イギリスの特徴語の表を示す。

表 4.1 ソ連邦とアメリカの特徴語

#	USSR			USA		
	frequency	keyness	word	frequency	keyness	word
1	7348	7000.913	method	11452	6449.094	model
2	3870	6162.08	pi	14550	5903.229	energy
3	4813	5687.161	structure	11817	4695.611	data
4	3176	5675.358	nuclei	6366	4492.353	theory
5	4664	5426.586	phase	12806	4395.382	results
6	3452	5389.894	formation	6072	4085.934	MeV
7	8509	5244.897	energy	5911	3818.45	mass
8	6263	5132.546	field	6313	3504.016	effects
9	4947	4801.291	range	6278	3477.653	ion
10	6301	4760.305	temperature	4795	3220.626	paper
11	3037	4565.826	solutions	8501	2926.522	field
12	5034	4564.183	gamma	4002	2843.767	models
13	3129	4509.816	dependence	3116	2629.175	response
14	5113	4445.177	electron	6971	2569.89	analysis
15	2434	4373.574	composition	1593	2531.613	UV
16	2371	4302.068	compounds	5226	2514.226	measurements
17	3244	4133.012	interaction	2392	2505.169	gauge
18	3398	4126.261	particles	5597	2452.753	ray
19	3427	3670.938	properties	4365	2390.8	particle
20	1073	3654.067	Kh	4107	2374.601	mu
21	1906	3292.952	nucleus	4414	2315.739	design
22	1953	3251.952	alloys	2492	2304.432	solar
23	5340	3233.117	radiation	4269	2281.176	states
24	2874	3140.165	spectra	2398	2275.444	consistent
25	3419	3120.317	scattering	5892	2275.17	neutron
26	3205	3097.844	parameters	8286	2249.539	temperature
27	2104	2862.166	GeV	6627	2236.214	electron
28	5566	2810.82	system	4156	2124.06	potential
29	2307	2789.068	basis	5152	2116.356	surface
30	2908	2766.094	particle	3179	2050.868	terms
31	1991	2764.522	account	5948	2015.069	range
32	1411	2721.024	complexes	5222	2014.815	structure
33	6604	2698.41	results	2516	1994.072	fusion
34	5977	2672.357	data	3200	1972.023	techniques
35	943	2664.739	dependences	5283	1965.76	cross
36	2321	2611.626	spectrum	1737	1960.8	theories
37	2662	2610.308	solution	5472	1959.969	plasma
38	1918	2579.123	complex	4330	1952.133	alpha
39	1511	2521.816	alloy	2175	1933.113	observations
40	3477	2488.613	cross	4429	1921.49	function
41	1489	2410.992	possibility	3847	1904.2	calculations
42	1677	2396.313	crystal	5245	1894.077	beam
43	2878	2383.352	alpha	1971	1867.845	DNA
44	2037	2332.438	electrons	3156	1854.76	decay
45	947	2318.393	Te	4123	1854.3	cm
46	2606	2311.38	ions	6102	1848.647	gamma
47	1591	2275.27	investigation	3337	1819.575	energies
48	2928	2267.898	type	3665	1810.476	cells
49	2437	2257.236	wave	4659	1796.29	density
50	4951	2226.824	model	1396	1780.383	Tsub

ソ連邦の特徴語をみると、他の国の特徴語の上位にあらわれない”compounds”, ”alloys”, ”crystal”といった材料に関する語が上位にあらわれていることがわかる。さらに”compounds”, ”alloys”で検索すると、著者の所属機関に偏りがみられた。その所属機関のほとんどが Moscow にある研究機関で、次いで Sverdlovsk, Leningrad, Baku の研究機関だった。このことから、ソ連邦において他の国と比較して重点が置かれていた材料分野の中心地は Moscow であったと考えられる。さらにこの材料研究の一極集中より、ソ連邦では研究の分業体制が布かれていた可能性があると考えられる。

アメリカの特徴語には、”solar”, ”fusion”という語が出現する。これは主に核融合に関する文献に出現する。1976～85年にかけてアメリカの機関で出版された文献のうち、この2つの語を含む文献について調べると、すべて1979年以降に出版されていることがわかった。1979年はアメリカにおいてスリーマイルアイランド (TMI) 原子力発電所事故が起こった年である。また文献の中には政府の核エネルギーからの転換政策に関して批判的な意見が含まれていた。このことからアメリカでは従来の核分裂によって発生するエネルギーを利用する従来の原子力発電から他のエネルギー源への転換政策により、太陽エネルギーのような自然エネルギーや核融合のような非核分裂に関する研究が盛んに行なわれるようになったと推測できる。



表 4.2 ドイツとイギリスの特徴語

#	Germany			U.K.		
	frequency	keyness	word	frequency	keyness	word
1	12799	6303.89	energy	931	3136.769	UK
2	9325	5108.385	nuclear	1173	2735.873	galaxies
3	11413	4997.762	results	3342	2734.658	dose
4	4650	3827.602	patients	6390	2573.582	results
5	1237	3737.994	Germany	1909	2347.768	sources
6	2565	3518.548	behaviour	3676	2316.943	range
7	1081	3489.997	German	1538	2283.93	observations
8	4976	3442.139	MeV	5463	2096.378	data
9	1317	3355.382	Federal	1142	2047.963	radio
10	8030	3329.285	model	4725	2029.661	model
11	2480	3025.374	influence	6206	1959.548	energy
12	4605	2920.221	scattering	1284	1946.338	evidence
13	4025	2783.156	experiments	1930	1890.982	terms
14	4664	2737.05	order	3069	1875.548	ray
15	907	2713.948	Republic	1415	1868.082	behaviour
16	4642	2713.391	measurements	2423	1867.486	paper
17	3923	2674.036	states	1670	1786.721	GeV
18	4189	2621.978	methods	661	1737.047	tumour
19	3318	2618.974	energies	1132	1727.254	stars
20	7349	2598.815	temperature	2766	1723.012	theory
21	2658	2526.694	GeV	1884	1705.482	techniques
22	1567	2492.917	diagnosis	2976	1681.72	effects
23	2986	2455.55	means	2053	1620.335	technique
24	4539	2411.044	dose	1783	1552.251	emission
25	1346	2406.364	tomography	2616	1530.932	mass
26	1753	2359.332	contrast	4156	1528.252	radiation
27	4344	2348.607	mass	2590	1408.184	measurements
28	845	2334.583	RW	1990	1404.781	pi
29	4786	2329.846	cross	2482	1374.176	scattering
30	4400	2218.995	values	842	1366.844	star
31	3009	2196.233	cases	516	1339.94	tumours
32	1124	2193.204	HP	3322	1332.278	electron
33	5415	2107.18	gamma	472	1233.507	NGC
34	2372	2099.902	plants	547	1229.913	galaxy
35	3226	2027.775	pi	280	1219.321	CEGB
36	3779	2012.479	alpha	1990	1215.655	source
37	1634	1996.969	investigations	286	1206.927	AGR
38	4470	1979.68	structure	1641	1162.943	work
39	3296	1925.695	production	1946	1157.465	mu
40	1462	1912.902	therapy	435	1147.778	disc
41	3234	1902.154	single	3080	1139.851	gamma
42	4150	1892.212	first	1879	1119.856	cells
43	6744	1860.653	method	1231	1090.725	resolution
44	7912	1819.64	data	1165	1087.568	damage
45	2479	1787.097	spin	669	1082.208	programme
46	2371	1774.988	application	547	1081.267	centre
47	1346	1773.862	findings	359	1071.439	ionisation
48	6458	1771.005	radiation	1636	1067.923	levels
49	2463	1769.601	safety	1247	1056.627	rays
50	2871	1766.179	plant	2206	1051.798	gas

ドイツの特徴語の上位には、“patients”, “diagnosis”, “tomography”といった医療に関する語があらわれる。このことから、他の国に比べ原子力で培った技術を医療の分野に活かしていると推測できる。さらに、他の国では見られない“safety”という語があらわれる。そこで、“safety”の前後 10 語以内によくあらわれる語について調べた。その結果、上位に“the”や“of”のような一般語に混じって、“nuclear”や“reactor”, “plants”といった原子力関連の語があらわれた。このことから、ドイツではチェルノブイル原子力発電所事故以前から、原子力施設の安全性について関心が高かったことがうかがえる。

イギリスの特徴語の上位には、“galaxies”, “stars”といった天文学分野に関係する語があらわれる。このことより天文学分野の文献が INIS に収録されていることがわかる。

次に表 4.1,4.2 の頻度 (Frequency) と特徴度 (Keyness) の相関についての図 4.1 に示す。

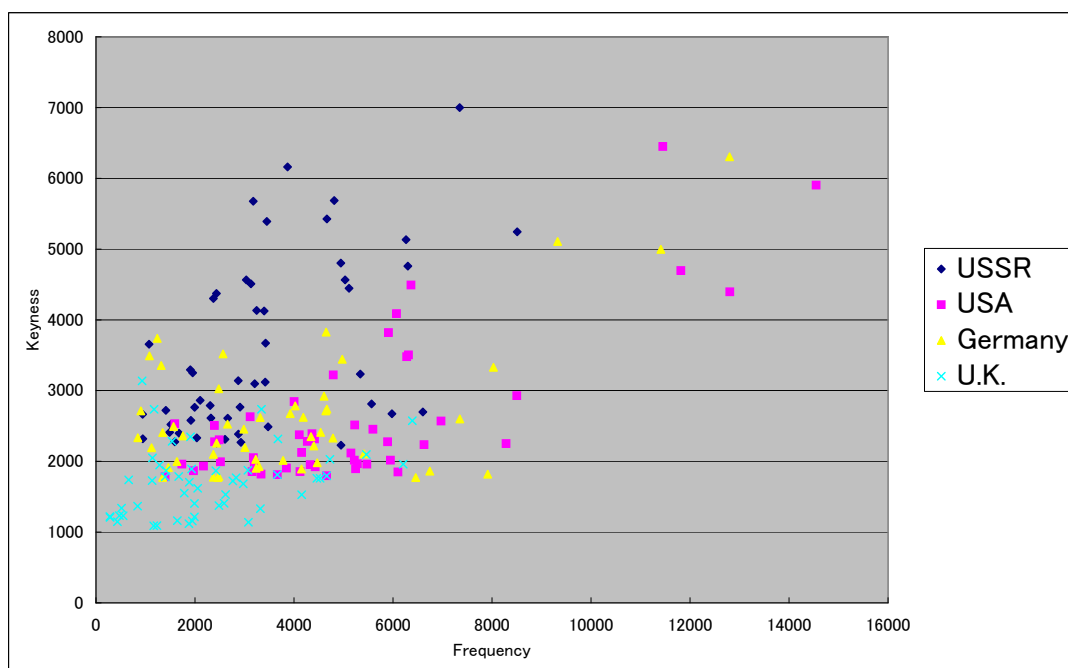


図 4.1 頻度と特徴度の関係

ソ連邦における2つの指標（頻度と特徴度）の比較的高い相関は同国における分野間の独自性の高さを示唆するものかもしれない。

以上の特徴語によるトレンドの分析から、主要な国における研究重点分野についての概観を捉えることができた。しかし、この分析手法は客観性の高い手法では高頻度の特徴語群の中からさらにその国の特徴語を抽出するためには、ある程度その語がどのような意味をもつのかをあらかじめ知っておく必要がある。そのため、専門的な知識がない者が分析を行なった場合、結果の信頼性を維持するのが困難になる。そこで、次に専門家によって定義された主題分類を用いてトレンド分析を行なう。

#### 4.2.2 主題分類によるトレンド分析

著者の所属機関がソ連邦（USSR）にある文献の中から、事故が起きた1986年を除いた。1976～80年、1981～85年、1987～91年の3期間に分割し、その概要を抽出した。同様の条件でアメリカ合衆国（USA）についても抽出した。それらの文献をINIS主題分類別に分類し、その文献数の時系列変化の比較を行った。主題の分類とは各々の文献が対象とする分野を分類規定したもので、A:物理、B:化学、材料と地球科学、C:ライフサイエンスと環境科学、D:同位体，同位体利用と放射線利用、E:工学と技術、

F:原子力と非核エネルギーのその他の面、G:物理となっている。ちなみに G は 1990 年以降に出現する。今回は議論の簡単にするために G に含まれる文献をすべて A に含めた。その結果を図 4.2, 図 4.3 に示す。この図の縦軸は全体の文献数に対する割合を示している。ちなみにそれぞれの文献数は、事故前の 1976~80 年には、ソ連邦は 17,374 件、アメリカは 25,105 件、ドイツは 26,271 件で、1981~85 年にはソ連邦は 14,765 件、アメリカは 24,625 件、ドイツは 25,524 件で、さらに事故後の 1987~91 年にはソ連邦が 24,635 件、アメリカは 60,657 件、ドイツは 32,325 件となっている。

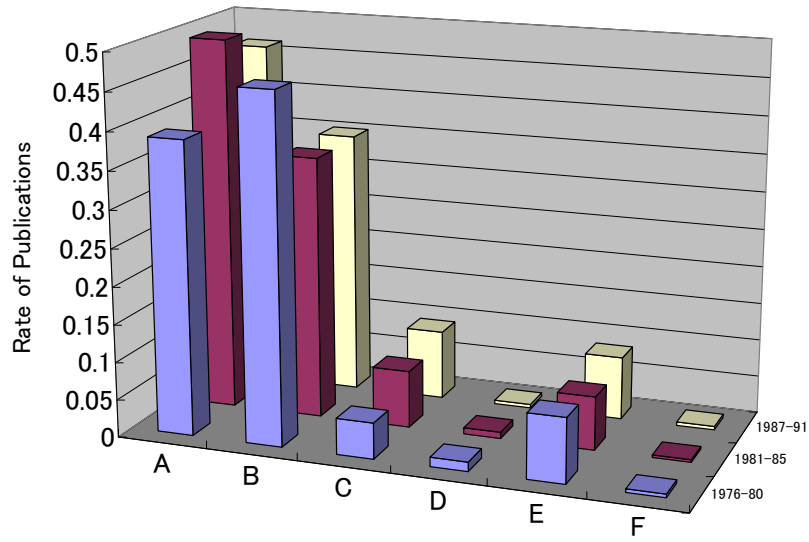


図 4.2 ソ連邦のトレンド

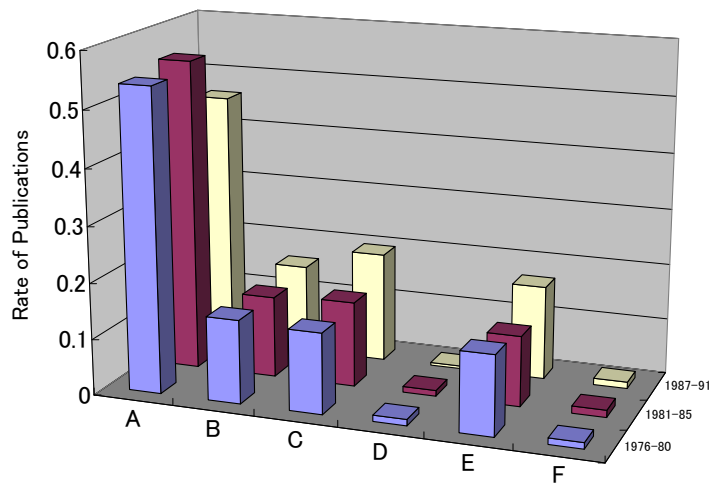


図 4.3 アメリカのトレンド

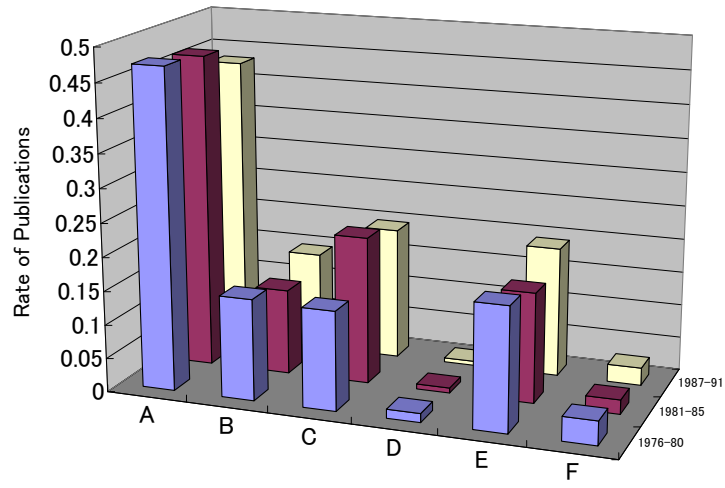


図 4.4 ドイツのトレンド

ソ連邦のトレンドを見ると、他の国に比べ分類 B の割合が高いことがわかる。これはソ連邦において「B:化学、材料と地球科学」への関心が高いことが推測できる。アメリカのトレンドを見ると、分類 A の割合が非常に高いことがわかる。これはアメリカの文献数の多さを考慮しても研究分野に偏りがあることを示している。また、ソ連邦、アメリカ全体両者の傾向として「E:工学と技術」の文献の割合があまり小さくなく、「A:物理」や「B:化学、材料と地球科学」の割合が大きいことがわかる。これより、「E:工学と技術」を支える基盤として「A:物理」や「B:化学、材料と地球科学」が重視されていることを示している。

次にチェルノブイル原子力発電所事故の大きな原因とされている原子炉（reactor）について当時どのような議論がされていたのかを概観するために、検索語”reactor”で検索した文献がどの分野に属していて、その分野が時系列でどのように変化しているのかについてのトレンド分析を行なった。その結果が以下の図 4.5 である。

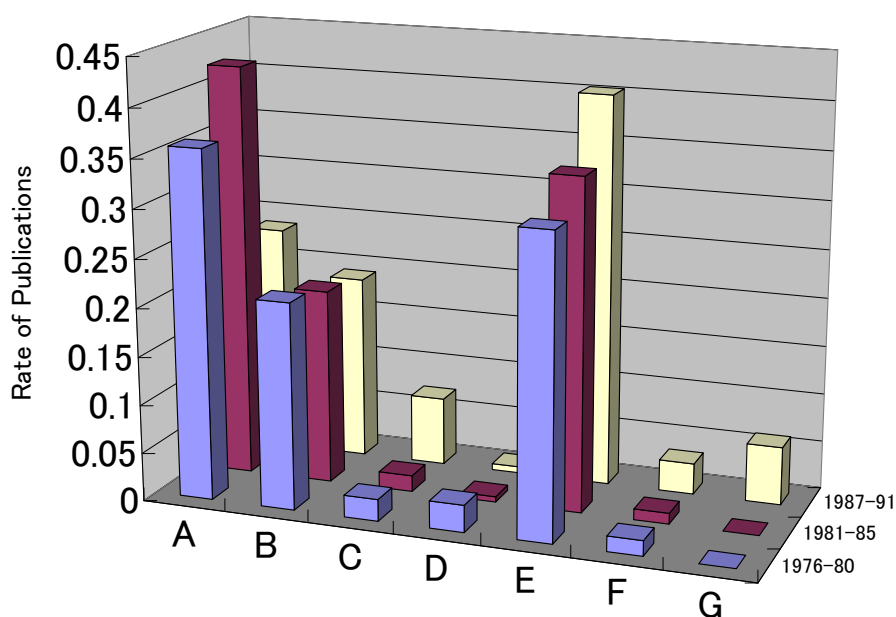


図 4.5 検索語”reactor”のトレンド

図 4.5 は事故以前の 1976～80 年、1981～85 年と事故以後の 1987～91 年までの 3 期間に出版された文献の中から”reactor”という語が含まれる概要を抽出し、その文献数割合の推移をあらわしている。縦軸はその期間に出版された全文献中、”reactor”という語が含まれている文献の割合をあらわしている。横軸の A, B, C, D, E, F は主題分類をあらわす。

この結果から”reactor”について主に議論されているのは分類 E であることがわかる。さらに”reactor”の研究には分類 A や分類 B などの基盤となる知識が必要とされていることがわかる。また、1987～91 年の期間に分類 C の割合が急激に増加している



ことがみてとれる。これは、”reactor”の下位語として”bioreactor”という語が登録されている<sup>21)</sup>からであると推測できる。

### 4.2.3 トレンド分析のまとめ

特徴語によるトレンド分析と主題分類によるトレンド分析の2つを行なうことで、客観性をもってはいるが、信頼性に不安が残る分析手法である特徴語によるトレンド分析と、やや専門家による主観が入り込む余地があるが、信頼性の高い分析手法である主題分類によるトレンド分析のそれぞれを補完することができたといえる。それは両者の結果を照らし合わせることで確認できる。例えば、ソ連邦において特徴語によるトレンド分析では”compounds”, ”alloys”, ”crystal”といった材料に関する語が特徴語群の上位にあられる。そしてこの結果とリンクして、主題分類によるトレンド分析では分類 B の割合が他の国と比較して高い。これらの結果は2つの分析手法が互いに補完しあっていることをあらわしている。

## 4.3 研究者間の協調関係

### 4.3.1 共著関係の可視化

ソ連邦の研究機関に所属する研究者の協調関係がどのようになっていたのかということ文献の共著から明らかにする。そのために、INIS からソ連邦の研究機関に所属し、さらにチェルノブイル原子力発電所事故において事故の大きな原因となったとされている”reactor”（原子炉）というキーワードを含む文献の著者を抽出し、その共著関係を可視化した。可視化するにあたって、出現頻度の高い単語群の共起関係から文書群の主張の相関を取り出す情報可視化ツールである大澤<sup>24)</sup>の KeyGraph を参考にした。そして、その KeyGraph のアルゴリズムを基にした Polaris というソフトウェアを用いて解析を行なった。

Polaris はテキスト文書を読み込むと、KeyGraph のアルゴリズムに従って解析し、その情報を可視化するソフトウェアである。KeyGraph は単語間のリンクの強度をマッ

ブ上にノードと線で可視化するツールである。

リンクの強度を測る指標としては、まず共起頻度というものがある。共起頻度  $co(w_i, w_j)$  とは文書  $D$  中の同じ文中に単語の対  $(w_i, w_j)$  がどれだけ出現するかを示す指標で式 (4.2) のように表される。

$$co(w_i, w_j) = \sum_{s \in D} |w_i|_s |w_j|_s \quad (4.2)$$

$|w_i|_s$  は文  $s$  における単語  $w_i$  の出現頻度を表す。

本研究では、共起頻度  $co(w_i, w_j)$  ではなく、Jaccard 係数を用いた。Jaccard 係数  $ja(w_i, w_j)$  は、文書  $D$  の中で  $w_i$  が  $w_j$  のどちらか1つが出現する文の中で、同じ文中に単語の対  $(w_i, w_j)$  が出現する割合であり、以下の式で表される。

$$ja(w_i, w_j) = \frac{\sum_{s \in D} |w_i|_s |w_j|_s}{\sum_{s \in D} |w_i|_s + \sum_{s \in D} |w_j|_s - \sum_{s \in D} |w_i|_s |w_j|_s} \quad (4.3)$$

また、結果において黒ノードは頻出する単語である。そして、二重丸ノードはそのノードに繋がっている全リンクの強度の和が大きい単語を示している。リンクが実線か、点線かによってそのリンクの強度を把握できるようになっている。

#### 4.3.2 研究者の共著関係

チェルノブイル原子力発電所事故において、原子炉 (reactor) が事故の大きな原因とされている。そこでこの”reactor”に関する研究において研究者同士がどのような関係性をもっていたのかということをも文献の共著関係から明らかにする。共著関係はその研究者の間で知識の交流が行なわれ、研究者間のみならず地域間、研究機関間で知識の交流が行なわれていた可能性を示す1つの指標をなりうる。しかし、共著関係のみで知識の交流が行なわれていると断定することはできない。そこで本研究では、文献情報に付加されている主題分類を用いて分類すなわち分野間の連携について調査し、

さらに手作業で文献を確認することにより当時のソ連邦での知識の流れについての分析を行なった。

図 4.6, 4.7 はそれぞれ 1981~85 年、1987~91 年における所属機関がソ連邦に存在し、キーワード”reactor”を含む文献の著者の共著関係をあらわしている。

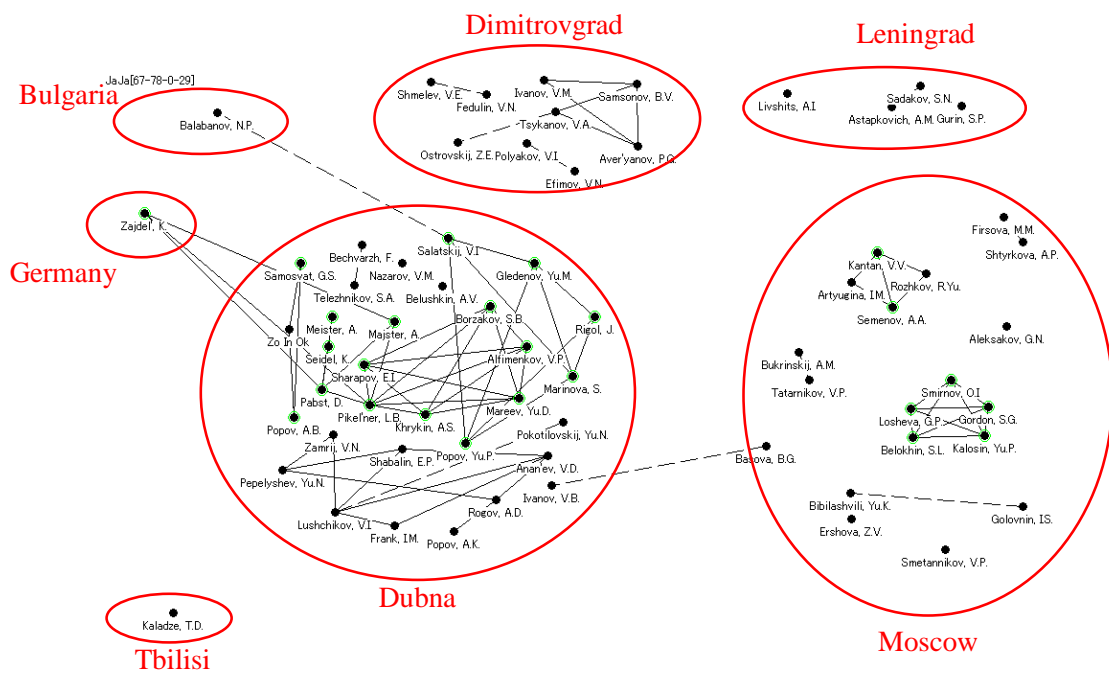


図 4.6 ”reactor”に関する文献の著者の共起関係 (1981 ~ 85 年)

文献数 : 321 件著者数 : 879 人 (表示人数 : 67 人)

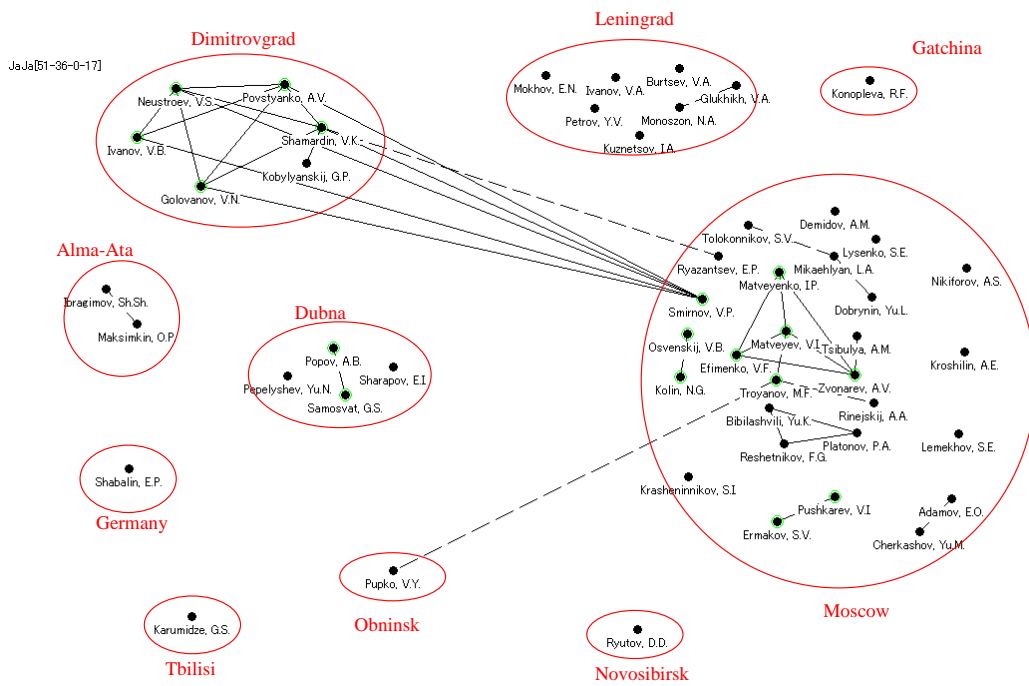


図 4.7 ”reactor”に関する文献の著者の共起関係 (1987 ~ 91 年)

文献数 : 493 件著者数 : 1340 人 (表示人数 : 51 人)

図 4.6, 4.7 の著者の共起関係の可視化によって、地域間による共著関係を可視化することができた。ここから 1981～85 年、1987～91 年の両方を比較したとき、チェルノブイル事故が起きたウクライナ地域が出てこないことがわかる。このことからウクライナ地域ではあまり原子炉について議論されていなかったのではないかと推測される。さらに、あらわれる地域はソ連邦国内もしくはブルガリアや東ドイツといった共産主義国に限られる。これは当時のソ連邦では資本主義国との間で原子炉に関する議論が行なわれていなかったことを伺わせる。このような状態が事故前だけでなく事故後も続くことから、少なくとも当時共産主義国と資本主義国との間であまり原子炉に関して議論されることがなかったことが推測できる。さらにこのことが RBMK のようなソ連邦独自の原子炉の開発が行なわれた背景となっていたと考えられる。

また、1981～85 年には Dimitrovgrad と Moscow の間にはリンクがなかったが、1987～91 年にはリンクがみられる。これは地域間、研究機関間において知識の流れが生まれた可能性があることを示している。ここで強いリンクを生み出している”Smirnov, V.P.”に注目する。1987～91 年の間に 35 件の文献にかかわっている。これらの文献の主題分類の内訳は、A:14, B:11, E:10 となっていて、そのうち 6 件が reactor に関する文献である。これは文献数としては極めて少ない。

Dubna において事故後に、著者(ノード)が減少し、リンクも減少している。このことは Dubna において”reactor”に関する議論があまり行なわれなくなったことが推測できる。その理由として、まず考えられることは事故後に政策の転換が行なわれ、Dubna の研究機関への”reactor”に関連する研究のための資金が縮小されたということである。また、事故以前には Dubna にある原子力分野の代表的な研究機関である”Joint Institute for Nuclear Research(JINR)”が独占的に”reactor”に関する研究を行なっていたが、事故後その他の地域やその他の研究機関へ”reactor”関連の研究が移行し、”reactor”関連研究が分散したということも考えられる。

以上の検証を行なうため、まず Dubna において事故前と事故後で”reactor”についての文献数に違いがみられるのか調べた。その結果、事故前が 125 件に対して事故後は 90 件であった。この結果からは”reactor”に関する議論が事故前後で大きく変化したとは言えない。そこで実際に図 4.6, 図 4.7 にあらわれる研究者の文献の内容から検

証を行なった。この際、出している文献数の多い、“Pikel’ner, L.B.”、“Sharapov, E.I.”、1981～1985年と1987～91年の2期間にあらわれる“Popov, A.B.”、“Shabalin, E.P.”の4人の文献に焦点をあてた（Appendix2, Appendix3）。その結果、DubnaではIBR-2やIBR-30といった研究用の原子炉を用いた中性子散乱実験に関する内容がほとんどだった。しかし、事故後の1987～91年にかけて出された文献の中に、事故前にはなかった原子炉ノイズや炉心冷却システムの振動の評価についての記述がみられた。これは原子炉の安全性に対する意識の向上の可能性を示唆している。

#### 一部に焦点をあてた協調関係

次に1981～85年のDubnaの研究機関“Joint Institute for Nuclear Research:JINR”に所属する研究者のShabalin, E.P., Popov, A.B., Samosvat, G.S.の3人に焦点をあて、彼らとその共著者すべてを表示した。この際、その著者が出した文献の主題分類情報を加えた。

図4.8の著者名の側に明記してあるA, E, Fは主題分類をあらわしている。この図からハブとなっている著者が異なる分類の著者たちを結びつけていることがわかる。この結果より、焦点をあてた研究者のまわりでは知識が滞りなくやりとりされていたことがわかった。

## 4.4 まとめ

ソ連邦もしくはアメリカ、ドイツの研究機関に所属する研究者たちが出した文献をINIS主題分類に従い分類したが、各分類が占める割合とその時系列変化は3国間で、あまり大きな違いは得られなかった。しかしINISの専門家によって分けられた分類

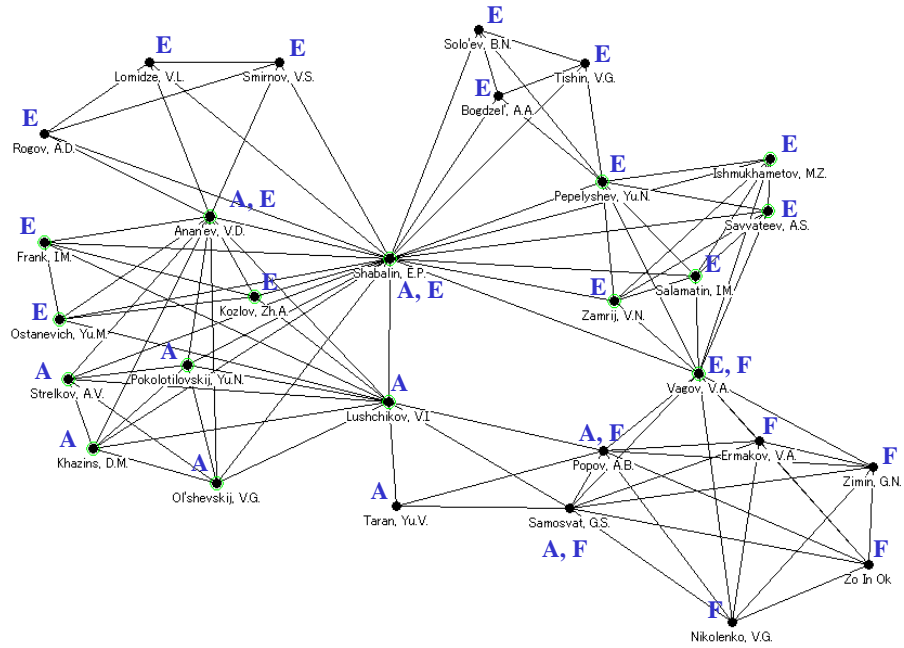


図 4.8 研究者の協調関係

を利用することで、ソ連邦における研究重点分野を現実に即したトレンドをマクロな国、あるいは組織レベルからミクロな個人レベルまでの相関を明らかにし、特化した目的達成に向けて軸となる研究者の存在となる研究者の存在や外圧による学融合の時間的変化についての事例を示すことができた。



## 第 5 章

## 考察

## 5.1 特徴語による分析と主題分類による分析

Chernobyl Project はチェルノブイル原子力発電所事故に特化しているため、事故に関する研究トピックの推移を追うためには最適なデータベースであるといえるが、事故前の文献が存在しなかったり、出版先がソ連邦としての文献を把握することができないという問題点もあることから、事故前の国家間の社会的背景や研究重点分野の違いについて分析することはできない。そこで INIS を用いて分析を行なった。

はじめに世界のトレンドに対して、ソ連邦とその他の国のトレンドがどのような特徴をもっているのかということ、特徴度という指標を使って分析した。その結果、それぞれの国の特徴、すなわちその国の研究重点分野を推測することができた。よって、この分析手法は有効性を示しているといえる。

次に、専門家によって定義された主題分類によるトレンド分析を行なった。ソ連邦において他の国と比較した際、分類 B の割合が高いことがわかった。これはソ連邦において「B:化学、材料と地球科学」の分野の研究が盛んであることが推測できる。特に、ソ連邦においては、特徴語によるトレンド分析と、この主題分類によるトレンド分析の結果が相互に補完性をもっていることがわかった。

特徴語によるトレンド分析は特徴度というある客観的な指標を用いて抽出した語がどのような研究分野で使われているのかについてある程度の客観性をもっている一方で、特徴語の中からさらなる特徴語（ソ連邦であれば材料に関連した語）を抽出する際にその語を抽出する人は背景知識が必要となる。そのため専門家による分類に比べ、信頼性に乏しい。逆に主題分類によるトレンド分析で用いた主題分類は専門家によって定義されている。そこには恣意性が含まれる。しかし、特徴語によるトレンド分析の結果と照らし合わせることで恣意性が緩和されるため、特徴語、主題分類の両方を用いることにより、より客観的で信頼性の高いトレンド分析を行なうことができると考えられる。

しかし、特徴語や主題分類による分析の結果は推測の域を越えることはできない。あくまでもこれらの分析手法は、270 万件という膨大な文献の中から対象を絞るためのものであり、当時の研究動向について言及するためには、実際に手作業で文献の中

身を吟味せざるを得ない。

## 5.2 RBMK の文献情報からわかるソ連邦の原子力体制

ソ連邦独自に開発された原子炉である RBMK について調べてみると、Appendix1 で示すように、1986 年以前に INIS に収録された RBMK 炉関係の論文は以下の 33 件である。世界で稼働中の原子炉の数が約 440 基、表 5.1 によればロシアで運転中の原子炉は 29 基で、その 1 / 3 の 11 基が RBMK 炉で、その設備容量はロシア全体の半分を占める。また、ロシアの原子力発電の運転経験は旧ソ連邦諸国を合わせれば日本とほぼ同等、軍事利用を含めれば十分な運転実績を持つ (表 5.2)。

表 5.1 ロシアで運転中の原子力発電所の炉型

原子炉型式	基数	発電設備容量 MWe
VVER-1000	7	7,000(33%)
VVER-440	6	2,594(12%)
RBMK-1000	11	11,000(52%)
EGP (ベリビン)	4	48(0.2%)
FBR (BN-600)	1	600(2.8%)
合計	29	21,242(100%)

(出典): (社) 日本原子力産業会議 : 世界の原子力発電開発の動向 1999 年次報告

表 5.2 世界の原子力発電の運転経験

2005年12月31日現在

国・地域	運転中の原子炉		閉鎖原子炉		合計	
	原子炉・年	基数	原子炉・年	基数	原子炉・年	基数
1 米国	2,666	103	387	23	3,053	126
2 フランス	1,132	59	200	11	1,332	70
3 英国	611	23	718	21	1,329	44
4 日本	1,115	54	56	2	1,171	56
5 ロシア	760	31	84	4	844	35
6 ドイツ	402	17	211	15	613	32
7 カナダ	450	18	22	2	472	20
8 スウェーデン	261	10	52	2	313	12
9 ウクライナ	247	14	51	4	298	18
10 韓国	255	20	0	0	255	20
11 インド	232	15	0	0	232	15
12 スペイン	214	9	18	1	232	10
13 ベルギー	178	7	0	0	178	7
14 スイス	150	5	0	0	150	5
15 台湾	142	6	0	0	142	6
16 ブルガリア	78	4	55	2	133	6
17 スロバキア	106	6	6	1	112	7
18 フィンランド	103	4	0	0	103	4
19 チェコ	81	6	0	0	81	6
20 ハンガリー	80	4	0	0	80	4
21 イタリア	0	0	76	4	76	4
22 オランダ	32	1	28	1	60	2
23 中国	54	9	0	0	54	9
24 アルゼンチン	53	2	0	0	53	2
25 南アフリカ	41	2	0	0	41	2
26 パキスタン	38	2	0	0	38	2
27 リトアニア	18	1	19	1	37	2
28 アルメニア	19	1	9	1	28	2
29 ブラジル	26	2	0	0	26	2
30 メキシコ	26	2	0	0	26	2
31 カザフスタン	0	0	26	1	26	1
32 スロベニア	23	1	0	0	23	1
33 ルーマニア	9	1	0	0	9	1
合計	9,602	439	2,018	96	11,620	535

(出典): (社) 日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向 2005 年次報告

この実績の反映として、INIS 全体のロシア語の文献が 298,626 件とかなりの貢献をしている。また、M.Marinkovic(<http://www.iaea.org>) によれば 1975-2000 年までの核分裂炉関係の文献が約 18 万件、ロシア語文献が 8000 件、ロシアからの文献が 5400 件、RBMK 炉を含む E3300 に分類される文献が約 11000 件、1975-1986 年の間は年間 500 件前後の文献が登録されている。

しかしながら書誌情報データベースに収録されていないであろうプルトニウム生産などの軍事利用関係の文献、ペレストロイカ以前の旧ソ連邦の情報公開の状況、1970 年以前の研究開発成果のアーカイブの存在を考えてもこの 33 件という文献は、複雑な RBMK 炉を支える科学技術文献の数としては過少である。また、33 件の文献の内容を調べてみると、その多くは IAEA 関係の専門家会議でのレポートや参考書、総説であり、現場からの生々しい技術報告は見当たらない。長い間、大きな技術的なトラブルも報告されずにいたため、多くの関係者が順調に運転実績を積み重ねてきたように

過信をしてしまった結果が、歴史上最大の原子炉事故につながったと考えることもできる。

### 5.3 書誌情報データベースの限界

原子力分野における最大の事故であるチェルノブイル原子力発電所事故を事例としてとりあげたが、ここではさらに Web of Science®で提供される Science Citation Index Expanded を使用し、事故当時チェルノブイル原子力発電所において指導的立場にあった3人（V.P. Bryuhaknov、N.M. Fomin、A.S. Dyatlov）の学術的背景について調査を試みた。『内部告発』<sup>17)</sup>によれば V.P. Bryuhaknov は当時のチェルノブイル原子力発電所の所長であり、N.M. Fomin は技師長、A.S. Dyatlov は副技師長であったという。

この Science Citation Index Expanded に収録されている雑誌は 6610 誌である。そのうち直接原子力分野と関係すると思われる『Nuclear Science & Technology』というカテゴリーに属する雑誌は 31 誌、『Physics, Nuclear』は 21 誌であった。このことから Science Citation Index Expanded には原子力関係の雑誌はあまり多くは収録されていないことがわかる。

まず、調べてわかったのはこの3人の文献が見当たらないということである。Science Citation Index Expanded は 1945 年から現在に至るまでの文献情報が収録されているため、事故が起きた当時の文献は存在するはずである。そこで 1986 年に出版された文献について調べてみると、1986 年にソ連邦の所属機関から出された文献は 37,796 件であり、そのうち Nuclear Science & Technology の文献は 207 件存在し、全体の 0.5477 % だった。ちなみに同様にして 1986 年のアメリカについて調べると、文献数は 100,000 件以上であり、Nuclear Science & Technology には 905 件存在し、全体の 0.9050 % だった。これらよりソ連邦における原子力関係の文献の数はアメリカに比べ、全体に占める割合を全文献数を考慮してもそれほど大きな違いはないと考えられる。

3人の文献が見当たらない理由として考えられるのは、彼らは現場の責任者であ

り、実務を担当する立場にあったため、学術論文ではなく技術報告書などの Science Citation Index Expanded に収録されるようなものを残していなかったためということである。また、前節で触れた 1986 年以前の RBMK 炉に関係のある文献が INIS に 33 件しか存在しないということと、機密文書は書誌情報データベース上に公開されないことを考慮すると、彼らが書き残した文書は公にできないようなものであった可能性が大いにある。

ここで、INIS に収録されている 3 人の情報を調べると、V.P. Bryuhaknov が 1 件、N.M. Fomin が 1 件、A.S. Dyatlov は 0 件だった。ちなみに V.P. Bryuhaknov の 1982 年に出版された論文の題目は、”Operation of NPPs with the RBMK-1000 reactors at power system perturbations.”であり、N.M. Fomin の 1986 年に出版された論文の題目は、”Experience in start-up testing of the facility for radioactive gaseous effluent decontamination in the Chernobylks NPP second phase units.”である。2 人ともチェルノブイル原子力発電所に関係した論文を残していることがわかる。

しかし、V.P. Bryuhaknov、N.M. Fomin それぞれ 1 件ずつのため、この論文だけで彼らの学術的背景を探ることは困難である。また、今回使用した Science Citation Index Expanded は事例でとりあげた原子力分野はもちろんのこと、広く自然科学分野を収録対象としているが、原子力分野についての収録対象が少なく、分野の偏りがある。

さらに INIS での主題分類と、Science Citation Index Expanded での雑誌またはその論文の分類とが異なるため、引用関係を追っていったときの異分野間の知識の流れについて言及することは難しいと考えられる。つまり分野の境界条件をどのように設定するのかが問題になる。この問題を解決するためには、データベース間で分類を決める標準規格が必要である。

以上のように事故において重要人物とされる現場の人を対象を絞り、収録対象の形式が限られている Science Citation Index Expanded や引用関係について調べることができない INIS を活用して、彼らの学術的背景を調べることは困難である。

## 5.4 異分野への応用のための「情報連携技術」

本研究では原子力分野における書誌情報データベースを用いて、重大事故の学術的背景についての分析を行なった。前節での書誌情報データベースの問題点を考慮し、今後原子力分野にとどまらず、航空宇宙分野、医療サービス分野といった多様な情報源を連携させることによって、原子力分野だけでははっきりしなかった問題点も発見できるかもしれない。そこで、さまざまな情報をうまく連携させるための技術として Semantic Web の枠組みに注目した。

### 5.4.1 Semantic Web とは

Semantic Web とは、機械的処理に使われる意味を含んだタグをウェブページに付け加えることで、World Wide Web の利便性向上をはかるプロジェクトである。それにより、コンピュータを用いた自動的な処理が可能となり、情報の統合を容易にし、再利用性を高めることができる。図 5.1 に Semantic Web アーキテクチャを示す。下層のレイヤーより、「識別子とデータ表現 (URI/Unicode)」「処理記述言語と名前空間 (XML/namespace(NS))」「データモデルと定義 (RDF/RDF Schema)」「推論 (Ontology)」「Rule(論理定義)」「知識の記述とそれに基づくエージェントの処理 (Logic)」「処理結果の根拠 (Proof)」「信頼性の判断 (Trust)」を意味する<sup>25)</sup>。現在、下層のレイヤーにおける XML、XML Schema、RDF、RDF Schema、OWL などの標準技術が準備されている<sup>26)</sup>。また上層のレイヤーについても、世界的に様々な技術が提案されている。

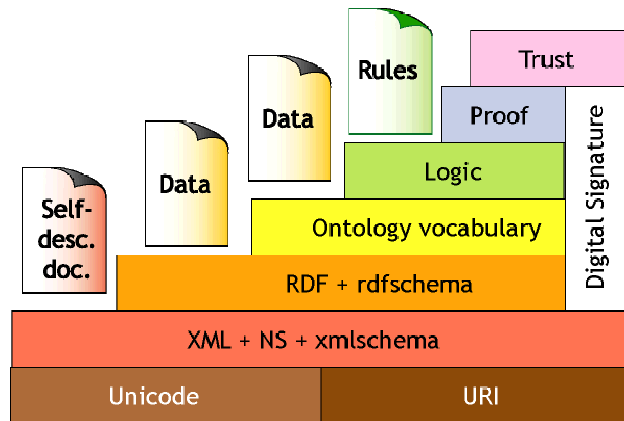


図 5.1 Semantic Web アーキテクチャ

(出典):CALS JAPAN, <http://www.kensetsu21.com/calsjapan/lectures/semantic/001.pdf> (2007 年 2 月参照)

ウェブ上には数多くの情報（論文、チュートリアル、ウェブ百科事典など）が存在し、今後よりいっそう増加していくと考えられる。そこで可能な限り多くの必要とされる情報を効率的に収集し、連携することにより分野横断的な分析が可能になると考えられる。

## 5.5 まとめ

INIS や Science Citation Index Expanded といった科学技術論文中心のデータベースはオリジナルな研究成果を集めたものであるため、科学分野の新しい研究動向の調査には適しているが、チェルノブイル原子力発電所事故における RBMK 炉のような技術と人間の安全という総合的なバランスを必要とする分野の資料が少ない。また、チェルノブイル原子力発電所事故後の RBMK 炉と安全に関する文献の増加と、事故前の複雑な RBMK 炉を支えるための工学という立場からの文献が極めて限定的であった事実から、当該科学技術分野の構成が妥当ではなかったことがわかる。つまり、新しいことを追い求める分析的な科学と総合的なバランスを必要とするような工学との連携がうまく機能していなかったことがわかる。



## 第 6 章

## 結論

## 6.1 結論

原子力分野の文献データベースをもとに原子力分野最大の事故といわれるチェルノブイル原子力発電所事故の前後の異分野の連携について書誌計量分析を行い、工学における学問分野の連携のあり方についての検討を行なった。その結果として、以下のような結論に至った。

1. 書誌情報の計量的分析と内容分析を組み合わせることによりはじめて事故の背景についての総合的な理解へと歩を進めることができる
2. 階層型の隷属関係の社会システムやグラフ型の点と線による疎なリンクを持つ社会システムでは、複雑な人工システムを安全に管理できない。

# 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々から御協力と御助言を頂きました。ここに御世話になった方々への感謝の意を記したいと思います。

指導教員の岩田教授には大変お世話になりました。先生の話のスケールに圧倒されることが多く、しばしばその難解な表現に戸惑うこともありましたが、他大学から来た私をあたたく迎えさらに最後まで見捨てずに見守ってくださったことに感謝いたします。

鎗目助教授、1年間という短い間でしたが、大変お世話になりました。多忙の中、訪ねていくと必ず、仕事の手を止めて相談に乗ってくださいました。ありがとうございました。

陳助教授、柏に来てからはほとんどお会いすることはありませんでしたが、陳先生の笑顔を見るたびに心が癒されました。これからも笑顔を絶やさないでください。

金田助手、私が柏に移ったあとも何かと気遣ってくださりありがとうございました。よくご飯や飲みに来ていただきありがとうございました。

岡本教授、私が他の研究室所属であるにもかかわらずセミナーへ参加や、ノートPCの貸与など何かと配慮していただきました。ありがとうございました。

染矢助教授、私が研究で悩んでいるときには相談に乗っていただきありがとうございました。

いました。研究室で一緒に酒を飲んだことを一生忘れません。いつまでもあの陽気な染矢先生でいてください。

濱野教授には、授業でのお言葉をきっかけに己の考えを深めることができました。また副査をしていただき、知的財産権という大事なことをご教示いただきました。ここに深く感謝いたします。

日本原子力研究開発機構の米澤さんには、年末のお忙しい時期にもかかわらず、懇切丁寧にデータベースのことについてご教授いただきました。本当にありがとうございました。

秘書の小林さんには、他大学から来て知り合いのいなかった私に気さくに接してくださいました。おかげで修士課程の2年間を楽しく過ごすことができました。書類の作成・手続き、就職、さらにはプライベートなことまで相談に乗っていただきました。ご結婚されて家事など大変ではあると思いますが、岩田研の小林さんとしてこれからも岩田研を支えていってください。

岡さんには大変お世話になりました。岡さんには院生としてのいろはを教えていただいたように思います。就職活動の際のアドバイスは大変参考になりました。おかげで無事希望の会社に内定することができました。さらに研究面では岡さんなしにここまで来ることはできなかったと思います。この場を借りて御礼申し上げます。

王さん、入学当初から仲良くしていただきました。ありがとうございました。よく御殿下のプールに行ったときのことが昨日のどのような気がします。1児の父として大変でしょうが、研究がんばってください。

篠原さんには、隣の研究室ながら1年目からお世話になりました。ありがとうございました。柏に移ってからは多くの時間をともにいさせていただきました。博士課程修了に向けてがんばってください。

桑原さんには、柏に移ってから半年間くらい同じ部屋でお世話になりました。一緒に餃子を食って行ったあの日のことは一生忘れません。

JunJun くんとは研究室の同期として、ともに2年間の苦楽をともに過ごしました。特にプライベートで家に呼んで、ご飯をご馳走してもらったり、映画に連れて行ったりしてくれました。JunJun といろいろなことを語り合った思い出は私の財産です。博士課程にいても研究がんばってください。

星田くんははじめの印象が強くなるかと思いましたが、思いやりのあるいい子だということがわかりました。就職、進学どちらかわかりませんが、残りの学生生活を悔いの残らないようがんばってください。

卒業された近藤さん、菅原さん、高松さん、中井さん、仲根さん、そして卒論生の寿久くん、幸司くんには大変お世話になりました。東京にほとんど知り合いのいない私にとって、みなさんのおかげでひとりぼっちではなくなりました。

卒論生の木原さんとは、最後の追い込みの時には励まされました。おかげでなんとかがんばることができました。

I would also like to thank Mr. Scott Broderick and Dr. Alexandre Blansché for their kind assistance and hospitality.

杜くん、張くんには、大変お世話になりました。大学院での生活においてともに助け合い、多くを議論しました。彼らのお陰で、とても刺激的で充実した生活を送ることができました。ここに深く感謝いたします。

同期の浅倉くん、川崎くん、坪内くんには、様々な面で御世話になりました。彼らとの議論を通じて、深い知見を得ることができました。彼らのおかげで楽しい研究生生活を送ることができたと思います。ここに深く感謝いたします。

ネジェットさん、ジョンさんには研究面に限らず精神的な面でも、多くの相談にのって頂き、その度に具体的な御助言を頂きました。ここに深く感謝いたします。

野田くん、浅野くん、王子くん、藤井くん、大原くんには、大変御世話になりました。彼らのおかげで楽しい研究生生活を送ることができたと思います。ここに深く感謝いたします。

最後にこの論文を書く上で御世話になった全ての皆様、そしてこれまで私を暖かい目で見守り、育ててくれた家族に深く感謝いたします。

# 参考文献

- [1] JST 異分野融合ワークショップ 「知見性の科学-経験、類推、発見と適応」  
独立行政法人 科学技術振興機構 (2005)
- [2] 『国際規格等における「リスク」の定義について』  
原子力安全基盤機構 (2005)
- [3] Keller, W., Modarres, M., "A historical overview of probabilistic risk assessment development and its use in the nuclear power industry: a tribute to the late Professor Norman Carl Rasmussen"  
Reliability Engineering & System Safety 89 (3): 271-285.
- [4] 瀬尾佳美 『リスク理論入門』  
中央経済社 (2005)
- [5] INES ホームページ <http://www.ines-n.org>  
2007 年 2 月確認
- [6] 中井康裕 『予防保全のための異分野横断的アプローチ』  
平成 17 年度 東京大学大学院工学研究科修士論文
- [7] aviation safety network <http://aviation-safety.net/index.php>  
2007 年 2 月確認

- [8] エリック・ホルナゲル著 古田一雄監訳 『認知システム工学』  
海文堂 (1996)
- [9] 社会学用語集 -Glossary-  
<http://homepage3.nifty.com/sociology/lecture/official/glossary.html>  
2006年1月確認
- [10] 新領域融合プロジェクト [http://www.nii.ac.jp/info\\_tric/](http://www.nii.ac.jp/info_tric/)  
2007年2月確認
- [11] 医療の質・安全学会 <http://qsh.jp/>  
2007年2月確認
- [12] 『原子力安全規制への「リスク情報」活用の取組みについて』  
原子力安全・保安院 原子力安全基盤機構 (2006)
- [13] 独立行政法人 原子力安全基盤機構  
<http://www.jnes.go.jp/database/index.html>  
2007年2月確認
- [14] 奥山俊宏 『内部告発の力』  
現代人文社 (2004)
- [15] 青木昌彦, 奥野正寛 『経済システムの比較制度分析』  
東京大学出版会 (1996)
- [16] 『原子力分野における基礎的な研究の推進に係る調査』  
日本原子力学会 (1997)
- [17] グレゴリー・メドベージェフ著, 松岡信夫訳  
『内部告発 -元チェルノブイリ原発技師は語る』 技術と人間 (1990)



- [18] 原子力百科事典 ATOMICA <http://mext-atm.jst.go.jp/atomica/index.html>  
2007年2月確認
- [19] 『チェルノブイル事故後影響研究等の現状に関する調査』  
原子力安全研究協会 (1992)
- [20] 『チェルノブイル事故等原子力発電施設事故の放射線影響等に関する情報収集・調査』  
原子力安全研究協会 (1997)
- [21] 『INIS/ETDE 共通分類と主題範囲』  
日本原子力研究所 研究情報部 国際情報室 (2001)
- [22] Dunning, T. "Accurate Methods for the Statistics of Surprise and Coincidence"  
Computational linguistics, 19 (1): 61-74.
- [23] Daille, B. "Combined approach for technology extraction: lexical statistics and linguistic filtering"  
Technical Report 5. Lancaster University: UCREL.
- [24] 大澤幸生, ネルス E. ベンソン, 谷内田正彦  
『KeyGraph: 語の共起グラフの分割・統合によるキーワード抽出』  
電子情報通信学会論文誌 J82-D-I (2) 391-400.
- [25] CALS JAPAN <http://www.kensetsu21.com/calsjapan/lectures/semantic/001.pdf>  
2007年2月参照
- [26] World Wide Web Consortium <http://www.w3.org/2000/01/sw/>  
2007年2月参照

# Appendix

今回用いた文献の概要を以下に記す。

それぞれ検索条件とその結果抽出された文献の題目と著者の情報を記載した。

## Appendix1

検索条件：

((All field all RMBK safety)) AND ((Year of publication < 1986))

1. Reactor design safety analysis in regard to internal hazards for pressure-tube reactors, Konstantinov, L., Proc., 8 Sep 1975
2. Atomic science and engineering in the economy of the Soviet Union. Kruglov, A.K , At. Ehnerg. (Feb 1976). v. 40(2) p. 103-116, Atomnaya Ehnergiya
3. Basic approaches to the solution of NPP safety problems in the Soviet Union., Sidorenko, V.A.; Kovalevich, O.M.; Kramerov, A.Ya.; Bagdasarov, Yu.E , At. Ehnerg. (Nov 1977). v. 43(5) p. 360-365 Atomnaya Ehnergiya
4. Problems of spent nuclear fuel shipment., Kondrat'ev, A.N.; Kosarev, Yu.A.; Yulikov, E.I, At. Ehnerg. (Feb 1978). v. 44(2) p. 150-154 Atomnaya Ehnergiya
5. Nuclear power and its scientific and technological problems of development., Dollezhal', N.A , At. Ehnerg. (Mar 1978). v. 44(3) p. 203-212 Atomnaya Ehnergiya
6. UVTs-30 multichannel device for normalized analog signal acquisition processing and recording., Vorob'ev, D.M.; Gudkov, V.I.; Duma, V.R.; Levin, G.L.; Filatov, V.P, Problems on nuclear science and technology. No. 36. Nuclear instrument making. Moscow. Atomizdat. 1978. p. 103-108
7. Technical and economic comparison of methods for the treatment and disposal of liquid radioactive wastes at nuclear power stations in the USSR., Kondrat'ev, A.N.; Strakhov, M.V.; Rakov, N.A.; Zavadskij, M.I. OECD NEA and held at Otaniemi, Finland, 2-6 July 1979. Vienna. IAEA. 1980. Proceedings series. v. 2 p. 525-537
8. Application of results of the academic research institutes to atomic power stations

- of the republic., Njemets', O.F.; Klimentov, V.B., Vyisn. Akad. Nauk Ukr. RSR. (Sep 1980). (no.9) p. 66-70
9. Core physics. Chapter 2, Dollezhal', N.A.; Emel'yanov, I.Ya, Channel type power reactor. Moscow. Atomizdat. 1980. p. 11-47
  10. Safety studies. Chapter 9, Dollezhal', N.A.; Emel'yanov, I.Ya, Channel type power reactor. Moscow. Atomizdat. 1980. p. 170-181
  11. Power distribution monitoring and control in the RBMK type reactors., Emel'yanov, I.Ya.; Postnikov, V.V.; Volod'ko, Yu.I , At. Ehnerg. (Jun 1980). v. 48(6) p. 360-365
  12. Reactor design. Chapter 3, Dollezhal', N.A.; Emel'yanov, I.Ya, Channel type power reactor. Moscow. Atomizdat. 1980. p. 48-79
  13. Current problems of occupational hygiene at nuclear power plants. , Parkhomenko, G.M, Gig. Sanit. (Jul 1980). (no.7) p. 17-20
  14. Possible trends in development of channel reactors with natural coolant circulation. , Dolgov, V.V.; Zvereva, G.A.; Komissarov, M.E.; Minashin, M.E.; Mikhan, V.I.; Nikolenko, P.A.; Sharapov, V.N, Voronin, L.M. (ed.). Nuclear power plants. V. 3., Moscow. Ehnergiya. 1980. p. 19-26
  15. Biological shielding. Chapter 8, Dollezhal', N.A.; Emel'yanov, I.Ya, Channel type power reactor. Moscow. Atomizdat. 1980. p. 153-169
  16. Design measures to maintain operating efficiency in nuclear power plants with RBMK-type reactors under emergency conditions, Emel'yanov, I.Ya.; Kuznetsov, S.P.; Cherkashov, Yu.M. Proceedings of an international conference organized by the IAEA and held in Stockholm, Sweden, 20-24 October 1980. Vienna. IAEA. 1981. 599 p. v. 3 p. 153-163.
  17. Design provisions for serviceability of NPPs with the RBMK type reactors under accident conditions. Emel'yanov, I.Ya.; Kuznetsov, S.P.; Cherkashov, Yu.M, At. Ehnerg. (Apr 1981). v. 50(4) p. 251-254
  18. Development of a safety approach for a Soviet nuclear power programme of in-

- creased size and wider scope., Sidorenko, V.A.; Kovalevich, O.M. (Gosudarstvennyj Komitet po Ispol'zovaniyu Atomnoj Ehnergii SSSR, Moscow. Inst. Atomnoj Ehnergii), International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria). Current nuclear power plant safety issues. Proceedings of an international conference organized by the IAEA and held in Stockholm, Sweden, 20-24 October 1980. Vienna. IAEA. 1981. Proceedings series. v. 1 p. 261-274
19. Simulation of cooling reservoir contamination for NPP with RBMK type reactors. Egorov, Yu.A.; Ivanov, E.A.; Kazakov, S.V.; Tolstykh, V.D, Power Reactors, Non-Breeding, Graphite-Moderated (GCR, AGR, HTGR, etc., types, Egorov, Yu.A. (ed.). Radiation safety and shielding of NPP. Moscow. Ehnergoizdat. 1982. p. 143-151
  20. Control of neutron flux distribution in a reactor using a liquid absorber, Potapenko, P.T, At. Ehnerg. (Sep 1982). v. 53(3) p. 147-151
  21. Operation of NPPs with the RBMK-1000 reactors at power system perturbations. , Bryukhanov, V.P, Teploehnergetika. (Jun 1982). (no.6) p. 16-18
  22. Energy conversion system for the TROL hybrid reactor, Vasil'ev, N.N.; Lebedeva, N.B Barbashinov, I.M.; Krivokhizhin, V.G. Reports 2. All-union conference on technological problems of thermonuclear reactors. V. 4. 1982. p. 377-383
  23. NPP radiation safety in the USSR, Vorob'ev, E.I.; Il'in, L.A.; Turovskij, V.D.; Buldakov, L.A.; Gusev, N.G.; Pavlovskij, O.A.; Parkhomenko, G.M, At. Ehnerg. (Apr 1983). v. 54(4) p. 277-285
  24. Safeguard regulations for nuclear power plants in the USSR, Sidorenko, V.A.; Kovalevich, O.M.; Isaev, A.N, At. Ehnerg. (Apr 1983). v. 54(4) p..273-277
  25. Nuclear power in the Soviet Union, Semenov, B.A. Source, Int. At. Energy Agency Bull. (Jun 1983). v. 25(2) p. 47-59
  26. Ten-year experience of the Leningrad NPP operation, Varovin, I.A.; Eperin, A.P.; Umanets, M.P.; Shcherbina, V.G, At. Ehnerg. (Dec 1983). v. 55(6) p. 349-353
  27. Radiation safety practice at nuclear power stations and estimation of dose bur-

- dens to the USSR general public in the context of the country's nuclear power development plans, Vorob'ev, E.I.; Il'in, L.A.; Turovskij, V.D.; Buldakov, L.A.; Lusev, N.G.; Pavlovskij, O.A.; Parkhomenko, G.M. (Ministerstvo Zdravookhraneniya SSSR, Moscow, International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria). Nuclear power experience. Proceedings of an international conference held by the IAEA in Vienna, 13-17 September 1982. Vol. 4 is entitled "Nuclear safety". Vienna. IAEA. 1983. 837 p. v. 4 p. 427-447.
28. Chernobylsk-3 NPP, Konviz, V.S.; Golubkov, L.V , Ehnerg. Stroit. (Jan 1984). (no.1) p. 19-23
  29. Developed material and technical basis for power engineering. Shutkov, G.A., Ehnergomashinostroenie. (Apr 1984). (no.4) p. 2-5
  30. Design safety arrangements for the RBMK-1000 reactor, Cherkashov, Yu.M. International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria). Operational safety of nuclear power plants. V. 1. Proceedings of an international symposium organized by the IAEA and held in Marseilles, 2-6 May 1983. Vienna (Austria). IAEA. 1984. 380 p. v. 1 p. 59-66. Proceedings series
  31. Channel-type nuclear reactor with a boiling coolant, Parafilo, L.M.; Remizov, O.V.; Novosel'skij, O.Yu.; Nikitin, Yu.M.; Vorob'ev, V.A.; Vasilevskij, V.P., 29 Dec 1984. 4 p., Available from INIS in electronic form and/or on microfiche Int. Cl. G 21 C 15/18
  32. Spent fuel storage system design for nuclear power plants in the USSR, Rybalchenko, I.L.; Sedov, V.M.; Khitrov, Yu.A.; Makarchuk, T.F.; Simanovsky, U.M., Vitikainen, E.; Silfverberg, P. (eds.). Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo (Finland). IAEA Technical committee meeting on methods used in design of spent fuel storage facilities. 1985. 235 p. p. 136-151
  33. Multigroup calculations of cylindrical cells with strong-absorbing annular zones by the method of surface pseudosources, Sultanov, N.V., At. Ehnerg. (Jun 1985). v. 58(6) p. 410-413

## Appendix2

検索条件：

((Author(s) all Dubna) ) AND ( (Year of Publication >= 1981) ) AND ((Year of Publication <= 1985)) AND ( (Abstract all reactor) ) AND ( ( (Author(s) all "Popov, A.B") ) OR ( (Author(s) all "Shabalin, E.P") ) OR ( (Author(s) all "Pikel'ner, L.B") ) )

1. Resonance interaction of neutrons with a molecular gas and with crystals., Zajdel', K.; Majster, A.; Pabst, D.; Pikel'ner, L.B.; Pil'ts, V.(Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR))
2. Interaction of intermediate-energy neutrons with  $^3\text{He}$ , Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Van Tkhuon, V.; Govorov, A.M.; Lason, L.; Pikel'ner, L.B.; Sharapov, E.A. (Joint Institute for Nuclear Research)
3. Spin dependence of S-wave neutron scattering cross section on  $^7\text{Li}$ ., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Vo Van Tkhuon; Mareev, Yu.D.; Pikel'ner, L.B.; Rubin, D.; Khrykin, A.S. ; Sharapov, E.I Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics
4. Experimental estimation of neutron-antineutron oscillation period. ,Lushchikov, V.I.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S.; Taran, Yu.V Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics
5. Resonance interaction of neutrons with a molecular gas and with crystals., Seidel, K.; Meister, A.; Pabst, D.; Pikel'ner, L.B.; Pilz, W. (Joint Institute for Nuclear Research)
6. Isomer-shift analogue in neutron resonances., Meister, A.; Pabst, D.; Pikelner, L.B.; Seidel, K. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
7. Resonance interaction of neutrons with molecular gas and crystals., Zajdel', K.; Majster, A.; Pabst, D.; Pikel'ner, L.B.; Pil'ts, V.( Joint Inst. for Nuclear Research,

Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)

8. Measurement of differential cross sections of neutron scattering with nuclei on the IBR-30 reactor., Vagov, V.A.; Ermakov, V.A.; Zimin, G.N.; Zo In Ok; Nikolaenko, V.G.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
9. Parity nonconservation in neutron resonances., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Vo Van Tkhan; Mareev, Yu.D.; Pikel'ner, L.B.; Khrykin, A.S.; Sharapov, Eh.I (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
10. Differential neutron scattering cross sections and average neutron parameters of tin isotopes., Nikolenko, V.G.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics )
11. Spin dependence of the cross section for scattering of s-wave neutrons by  ${}^7\text{Li}$ ., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Tkhan, V.V.; Mareev, Y.D.; Pikel'ner, L.B.; Rubin, D.; Khrykin, A.S.; Sharapov, E.I. (Joint Institute for Nuclear Research) Spin dependence of S-wave neutron scattering cross section on  ${}^7\text{Li}$ ., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Vo Van Tkhan; Mareev, Yu.D.; Pikel'ner, L.B.; Rubin, D.; Khrykin, A.S. ; Sharapov, Eh.I. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR))
12. Parity nonconservation in neutron resonances., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Vo Van Thuan; Mareev, Yu.D.; Pikelner, L.B.; Khrykin, A.S.; Sharapov, E.I. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
13. Chemical shifts of  ${}^{235}\text{U}$  and  ${}^{234}\text{U}$  neutron resonances., Zajdel', K.; Zeeliger, D.; Majster, A.; Chammer, R. (Technische Univ., Dresden (German Democratic Republic)); Mittag, Z.; Pabst, D.; Pikel'ner, L.B.; Pil'ts, V. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics) (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
14. Differential neutron scattering cross sections and average neutron parameters of tin isotopes., Nikolenko, V.G.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)



15.  ${}^6\text{Li}(n,n)$  cross section in the energy range from 600 eV to 80 keV., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Thuan, V.V.; Pikelner, L.B.; Sharapov, E.I. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
16. Resonance enhancement of parity violation effects in neutron-nuclear interaction., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Thuan, V.V.; Mareev, Yu.D.; Pikelner, L.B.; Khrykin, A.S.; Sharapov, E.I. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
17. Measurements of total cross sections of molybdenum and cadmium in the 20-1100 keV range on neutron filtered beam., Zo In Ok; Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
18. Differential neutron scattering cross sections and average neutron parameters of cadmium isotopes., Zo In Ok; Poplova, A.I.; Popov, A.B.; Salamatin, I.M.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
19. Mean-square radius changes of the  ${}^{235}\text{U}$  nucleus by resonance neutron capture., Mittag, S.; Pabst, D.; Pikelner, L.B.; Pilz, W.; Tschammer, R. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics); Meister, A.; Seeliger, D.; Seidel, K. (Technische Univ., Dresden (German Democratic Republic). Sektion Physik)
20. Chemical shifts of neutron resonances of  ${}^{235}\text{U}$  and mean-square radii of compound states., Zajdel', K.; Majster, A.; Mittag, Z.; Pabst, D.; Pikel'ner, L.B.; Pil'ts, V.; Chammer, R. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR); Technische Univ., Dresden (German Democratic Republic))
21. Total neutron cross sections of molybdenum, cadmium and bismuth., Popov, A.B.; Samosvat, G.S. (Lab. of Neutron Physics, JINR, Dubna)
22. Polarization and angular correlations in the  ${}^{117}\text{Sn}(n,\gamma)$  reaction near the 1.33 eV p-wave resonance., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Mareev, Yu.D.; Pikelner, L.B.; Frank, I.M.; Khrykin, A.S.; Sharapov, E.I. (Lab. of Neutron

Physics, JINR, Dubna)

23. Chemically induced shifts of  $^{235}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}$  neutron resonances., Mittag, S.; Pabst, D.; Pikelner, L.B.; Pilz, W.; Tschammer, R. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics); Meister, A.; Seeliger, D.; Seidel, K. (Technische Univ., Dresden (German Democratic Republic). Sektion Physik)
24. Correlations in gamma-quanta angular distribution at neutron capture in  $^{117}\text{Sn}$  p-resonance region., Alfimenkov, V.P.; Borzakov, S.B.; Mareev, Yu.D.; Pikel'ner, L.B.; Khrykin, A.S.; Sharapov, Eh.I
25. The neutron elastic scattering differential cross sections in energy range below 440 keV., Zo In Ok; Nikolenko, V.G.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
26. Differential elastic scattering cross sections of cadmium isotopes and p-neutron strength functions in the range  $50 \text{ \AA} \leq \lambda \leq 130 \text{ \AA}$ ., Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)

## Appendix3

検索条件 :

(( Author(s) all Dubna ) ) AND ( ( Year of Publication  $\geq$  1987 ) ) AND ( ( Year of Publication  $\leq$  1991 ) ) AND ( ( Abstract all reactor ) ) AND ( ( ( Author(s) all "Popov, A.B" ) ) OR ( ( Author(s) all "Samosvat, G.S" ) ) OR ( ( Author(s) all "Pepelyshev, Yu.N" ) ) )

1. Differential elastic scattering cross sections of KeV neutrons on medium and heavy nuclei., Kuznetsova, L.V.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
2. On a possibility to identify the IBR-2 reactor anomalous states by power noises., Pepelyshev, Yu.N (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
3. Study of moving reflector vibrations. IBR-2 reactor energy start-up., Pepelyshev,

- Yu.N (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
4. Measurement and analysis of power pulse energy fluctuations in the IBR-2 reactor., Pepelyshev, Yu.N (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
  5. Average neutron parameters from differential elastic scattering cross sections of neutrons with energies below 450 keV., Mitsyna, L.V.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
  6. Time characteristics of reactor noise parameters and vibrations of the IBR-2 reactor moving reflectors., Pepelyshev, Yu.N (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
  7. Power noise spectrum classification in the problem of the IBR-2 reactor., Bargel, M.; Kitowski, J. (Akademia Gorniczo-Hutnicza, Krakow (Poland)); Pepelyshev, Yu.N (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
  8. Fast pulsed reactors for neutron physics experiments., Frank, I.M.; Luschikov, V.I.; Sharapov, E.I. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)
  9. Average neutron parameters from differential elastic scattering cross sections of neutrons with energies below 450 keV., Mitsyna, L.V.; Popov, A.B.; Samosvat, G.S. (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR))
  10. Experience in using vacuum fission chambers in the IBR-2 reactor., Malyshev, E.K.; Melikhov, V.V.; Pepelyshev, Yu.N.; Chuklyayev, S.V.
  11. Pattern recognition application for surveillance of abnormal conditions in a nuclear reactor., Pepelyshev, Yu.N.; Dzwiniel, W (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (Russian Federation). Lab. of Neutron Physics)
  12. Clustering methods and visualization algorithms to aid nuclear reactor operative diagnostics., Pepelyshev, Yu.N.; Dzwiniel, W (Joint Inst. for Nuclear Research, Dubna (USSR). Lab. of Neutron Physics)

## Appendix4

検索条件：

(( Author(s) all Dimitrovgrad ) ) AND ( ( Year of Publication >= 1987 ) ) AND ((Year of Publication <= 1991)) AND ( ( Abstract all reactor ) ) AND ( ( Author(s) all "Shamardin, V.K" ) ) OR ( ( Author(s) all "Povstyanko, A.V" ) ) OR ( ( Author(s) all "Golovanov, V.N" ) ) ) )

1. In-reactor iodine stress corrosion studies on the Zr-1% Nb fuel element claddings used in WWER reactors., Novikov, V.V.; Golovnin, I.S.; Bibilashvili, Yu.K.; Sotnikov, A.S. (Vsesoyuznyj Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Neorganicheskikh Materialov, Moscow (USSR)); Shamardin, V.K.; Pokrovskij, A.S.; Stupina, L.N.; Kobylyanskij, G.P. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
2. Studying the WWER-1000 mock-up fuel elements irradiated in the MIR reactor., Shamardin, V.K.; Pokrovskij, A.S.; Grachev, A.F. (and others) (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
3. Analysis of performance of fuel elements of the BOR-60 reactor with vibrocompacted uranium-plutonium oxide fuel., Tsykanov, V.A.; Maershin, A.A.; Petukhov, A.A.; Skiba, O.V.; Porodnov, P.T.; Gadzhiev, G.I.; Golubenko, I.S.; Klochkov, E.P.; Teikovtsev, A.A.; Shamardin, V.K.
4. Effect of neutron fluxes in BOR-60 reactor on cover material made of chromium-manganese steel., Shamardin, V.K.; Ivanov, L.I.; Demina, E.V.; Bulanova, T.M.; Neustroev, V.S.; Prusakova, M.D.
5. Peculiar features of irradiation growth in zirconium and N-2.5 alloy at high fluences., Kobylyanskij, G.P.; Shamardin, V.K.; Grigor'ev, V.M (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR) )
6. Interaction of cladding materials with fission fragments of oxide fuel elements of a

- fast neutron reactor., Shamardin, V.K.; Golovanov, V.N.; Kryukov, F.N. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
7. Thermocyclic strength of 03Kh20N45M4BCh alloy at temperatures 200-550 deg C in irradiated state., Malygin, A.F.; Vinokurov, V.F.; Grinenko, S.G.; Lapin, A.N.; Shamardin, V.K.
  8. Some features of influence of neutron irradiation parameters on short-term mechanical properties of Zr+1%Nb alloy., Kobylyanskij, G.P.; Raetskij, V.M.; Shamardin, V.K.; Shushakova, T.V.; Yus'kaev, R.A. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
  9. Analysis of reliability of the BOR-60 reactor fuel elements with vibropacked uranium-plutonium oxide fuel., Tsykanov, V.A.; Maershin, A.A.; Petukhov, A.A.; Skiba, O.V.; Porodnov, P.T.; Gadzhiev, G.I.; Golubenko, I.S.; Klochkov, E.P.; Tejkovtsev, A.A.; Shamardin, V.K.
  10. Effects of stress on swelling and creep in irradiated Kh16N15M3B steels., Neustroev, V.S.; Shamardin, V.K.; Ozhigov, L.S.
  11. Decrease of radiation effects on embrittlement and creep of steels and alloys using REM microalloying., Zelenskij, V.F.; Neklyudov, I.M.; Ozhigov, L.S.; Zejdlits, M.P.; Parkhomenko, A.A.; Stefanov, V.F. (AN Ukrainskoj SSR, Kharkov (Ukrainian SSR). Fiziko-Tekhnicheskij Inst.); Karasev, B.S. (AN Ukrainskoj SSR, Kiev (Ukrainian SSR). Inst. Yadernykh Issledovanij); Shamardin, V.K.; Neustroev, V.S. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
  12. NIIAR research complex for core materials and elements study., Tsykanov, V.A.; Kuprienko, V.A.; Klochkov, E.P.; Golovanov, V.N.; Samsonov, B.V.; Serebkin, S.V.; Smirnov, V.P.; Shamardin, V.K. (Nauchno-Issledovatel'skij Fiziko-Khimicheskij Inst., Moscow (USSR))
  13. Evolution of structure and mechanical properties of austenitic stainless steels under damageing dose increase within a wide irradiation temperature range.,

- Shamardin, V.K.; Neustroev, V.S.; Golovanov, V.N.; Povstyanko, A.V. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
14. Radiation resistant steels for pressurized water reactor vessels., Amaev, A.D.; Gorynin, I.V.; Ignatov, V.A.; Nikolaev, V.A.; Ryazantsev, E.P.; Shamardin, V.K. (Gosudarstvennyj Komitet po Ispol'zovaniyu Atomnoj Ehnergii SSSR, Obninsk (USSR). Fiziko-Ehnergeticheskij Inst.; Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
  15. Radiation forming Zr alloy cladding and channel tubes at high neutron fluences., Kobylyanskij, G.P.; Shamardin, V.K.; Ostrovskij, Z.E.; Raetskij, V.M.; Nikulina, A.V.; Peregud, M.M.; Grigor'ev, V.M. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR); Vsesoyuznyj Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Neorganicheskikh Materialov, Moscow (USSR))
  16. Calculated and experimental justification of vibropac fuel pins utilization in thermal power reactors., Grachyov, V.D.; Kolesnikov, A.N.; Mayorshin, A.A.; Petukhov, A.A.; Skiba, O.V.; Sokolovskij, Yu.S.; Frey, A.K.; Shamardin, V.K. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
  17. Swelling and phase stability of K18N10T steel irradiated in BOR-60 reactor., Borodin, O.V.; Bryk, V.V.; Voevodin, V.N.; Neklyudov, I.M.; Platonov, P.V. (AN Ukrainskoj SSR, Donetsk (Ukrainian SSR). Fiziko-Tekhnicheskij Inst.); Neustroev, V.S.; Shamardin, V.K. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
  18. Irradiation creep and swelling of OX16H15M3B steel and its modification OX16H15M3BP steel., Shamardin, V.K.; Golovanov, V.N.; Povstyanko, A.V.; Neustroev, V.S. (V.I. Lenin Research Institute of Atomic Reactors, Dimitrovgrad, Ulyuanovsk Region (USSR)); Bibliashvili, Y.K.; Golovnin, I.S.; Kalashnik, G.V.; Romaneev, V.V. (All-Union Research Institute of Nonorganic Materials, Moscow (USSR))
  19. Study of Kh18Ni10Ti steel microstructure after irradiation in BOR-60 reactor.,

Borodin, O.V.; Bryk, V.V.; Voevodin, V.N.; Zelenskij, V.F.; Neklyudov, I.M.; Platonov, P.V. (AN Ukrainskoj SSR, Kharkov (Ukraine). Fiziko-Tekhnicheskij Inst.); Neustroev, V.S.; Shamardin, V.K.

20. Mechanical characteristics and swelling of austenitic Fe-Cr-Mn steels irradiated in the SM-2 and BOR-60 reactors. 0.4C-12Cr-19Mn-2Ni-Mo-N. 0.4C-12Cr-14Mn-5Ni-Mo-2Al-B. 0.4C-17Cr-17Mn-Cu-Mo-Nb-N. Fe-Cr-Ni steel: 0.8C-16Cr-15Ni-3Mo-Nb. 316. 304., Shamardin, V.K.; Bulanova, T.M.; Neustroev, V.S. (Lenin (V.I.) Research Inst. of Atomic Reactors, Dimitrovgrad (USSR)); Ivanov, L.I.; Djomina, E.V.; Platov, Yu.M. (AN SSSR, Moscow (USSR). A.A. Baikov Inst. of Metallurgy)
21. Development of technology for mass post-irradiation examinations of BN reactor fuel pins., Ivanov, V.B.; Dvoretckij, V.G.; Kanashov, B.A.; Neustroev, V.S.; Povstyanko, A.V.; Smirnov, V.P. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))

## Appendix5

検索条件 :

((Year of Publication >= 1987) ) AND ((Year of Publication <= 1991)) AND ((Abstract all reactor) ) AND ( ( (Author(s) all "Smirnov, V.P") ) OR ( (Author(s) all "Osvenskij, V.B") ) ) )

1. Electric properties of indium arsenides irradiated by fast neutrons., Kolin, N.G.; Osvenskij, V.B.; Rytova, N.S.; Yurova, E.S. (Nauchno-Issledovatel'skij Fiziko-Khimicheskij Inst., Moscow (USSR))
2. Influence of neutron energy spectra on the quality of neutron radiographs of fuel elements., Klochkov, E.P.; Smirnov, V.P (CEA Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay, 91 - Gif-sur-Yvette (France))

3. Radiographic examination methods for fuel pins., Smirnov, V.P.; Dvoretiskii, V.G (CEA Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay, 91 - Gif-sur-Yvette (France))
4. Doping of gallium arsenide by neutron irradiation at high temperatures., Kolin, N.G.; Kulikova, L.V.; Osvenskij, V.B. (Nauchno-Issledovatel'skij Fiziko-Khimicheskij Inst., Moscow (USSR))
5. Main gas circulator for VG-400 reactor plant., Mitenkov, F.M.; Kostin, V.I.; Novinskij, E.G.; Kuropatov, A.I.; Protsenko, A.N.; Smirnov, V.P.; Stolyarevskij, A.Ya. (Gosudarstvennyj Komitet po Ispol'zovaniyu Atomnoj Ehnergii SSSR, Moscow. Inst. Atomnoj Ehnergii)
6. Behaviour of deep centers in nucleus-doped gallium arsenide., Glorizova, R.I.; Kolesnik, L.I.; Kolin, N.G.; Osvenskij, V.B. (Nauchno-Issledovatel'skij Fiziko-Khimicheskij Inst., Moscow (USSR))
7. NIIAR research complex for core materials and elements study., Tsykanov, V.A.; Kuprienko, V.A.; Klochkov, E.P.; Golovanov, V.N.; Samsonov, B.V.; Seregin, S.V.; Smirnov, V.P.; Shamardin, V.K. (Nauchno-Issledovatel'skij Fiziko-Khimicheskij Inst., Moscow (USSR))
8. Development of technology for mass post-irradiation examinations of BN reactor fuel pins., Ivanov, V.B.; Dvoretiskij, V.G.; Kanashov, B.A.; Neustroev, V.S.; Povstyanko, A.V.; Smirnov, V.P. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))
9. Measurement methods of geometry dimensions and shape of irradiated fuel assembly for power reactors., Dvoretiskij, V.G.; Ivanov, V.B.; Glushak, N.S.; Glushak, S.M.; Karaulov, E.D.; Smirnov, V.P. (Nauchno-Issledovatel'skij Inst. Atomnykh Reaktorov, Dimitrovgrad (USSR))