

日本原子力研究所 殿

原研工学的安全性研究プロジェクトの社会経済的評価
報告書

平成 17 年 3 月 18 日

財団法人政策科学研究所

目 次

1	目的	2
2	調査方法	3
3	作業内容	4
3.1	JOLIS 抽出結果	4
3.2	INIS 検索用キーワードリスト	7
3.3	INIS 検索と SOCIOECO 適用結果	8
3.4	統合キーワードリスト作成	11
4	評価結果	12
4.1	原研の工学的安全性研究{Top97}の特徴	12
4.2	我が国における原研の工学的安全性研究	12
4.3	原研の工学的安全性研究の比較優位分野	14
4.4	原研の工学的安全性研究注力分野のネットワーキング	19
5	納入成果物一覧	25

1 目的

本評価研究の目的は日本原子力研究所殿（以下、原研）の原子力安全性研究について、社会経済的評価を実施することである。

原研の安全性研究は1) 工学的安全性と2) 環境安全性に大別されるが、前者は動力炉と核燃料施設の安全性研究に、後者は放射性廃棄物の処理・処分の安全性研究と環境放射線・放射能の評価解析研究に分けられる。本評価研究では前者のうち、特に動力炉の安全性研究に的を絞り、その社会経済的評価を実施する。

2 調査方法

- (1) 原研の工学的安全性研究は第1群{安全工学部(1978年～1984年, 398論文)及び原子炉安全工学部(1978年～2002年, 1,366論文)}ならびに第2群{安全解析部(1978年～1984年, 75論文), 燃料安全工学部(1985年～1995年, 582論文)及び燃料サイクル安全工学部(1966年～2002年, 654論文)}より構成される。原研の協力を得て、JOLIS (JAERI Oriented Literature Information System) から各部に所属する研究論文の抽出と記載キーワードを用いた、キーワード・ランキングを実施する。ランキングにあたっては、抽出キーワードが和洋混合になっているので、原研側専門家の協力によってINIS (International Nuclear Information System) 準拠のキーワード(英語)への変換を行う。
- (2) 得られた各部のキーワードについて Top {100} を目安にリスト化し、原研の工学的安全性研究が注力した研究分野を評価する。
- (3) Top {100} のリストにあるキーワードを期間別(第Ⅰ期: 1978～1982年, 第Ⅱ期: 1983～1987年, 第Ⅲ期: 1988～1992年, 第Ⅳ期: 1993～1997年, 第Ⅴ期(Present): 1998～2002年)でINISに対して検索をかける。
- (4) INIS 検索結果から、1) 原研の工学的安全性研究が世界的にみてどのような立場にあったのか、2) 国内においてどのような立場にあったのか等を評価する。評価にあたっては原研が開発したSOCIOECO計算コードを利用する。評価にあたっては比較優位性指標(CPI)を作成し、原研の工学的安全性研究の注力分野の実態を明らかにする。
- (5) 原研の工学的安全性研究の注力分野のネットワーキングの実態、およびネットワーキングの大きさがどのようなものであったかについて評価する。

3 作業内容

3.1 JOLIS 抽出結果

原研の工学的安全性研究は第1群（安全工学部（1978年～1984年，398論文）及び原子炉安全工学部（1978年～2002年，1,366論文））ならびに第2群（安全解析部（1978年～1984年，75論文），燃料安全工学部（1985年～1995年，582論文）及び燃料サイクル安全工学部（1966年～2002年，654論文））より構成される。原研の協力を得て、JOLIS（JAERI Oriented Literature Information System）から各部に所属する研究論文に記載されているキーワードを抽出した。

表1はJOLISから抽出した段階でのTop{100}のキーワードの一覧である。

表1 JOLISによる原研の工学的安全性研究分野のキーワードTop{100}抽出結果

和文キーワード	論文数	英文キーワード	論文数
D#0001 シビアアクシデント	122	E#0001 LOCA	283
D#0002 再処理	63	E#0002 PWR	242
D#0003 安全性	51	E#0003 NSRR	178
D#0004 軽水炉	49	E#0004 BWR	129
D#0005 ソースターム	47	E#0005 Severe Accident	98
D#0006 プルトニウム	40	E#0006 ECCS	96
D#0007 確率論的安全評価	40	E#0007 RIA	96
D#0008 エアロゾル	37	E#0008 LSTF	95
D#0009 格納容器	36	E#0009 Reactor Safety	95
D#0010 再処理施設	36	E#0010 Two-phase flow	92
D#0011 臨界事故	36	E#0011 Heat Transfer	76
D#0012 地震 PSA	35	E#0012 Reflood	71
D#0013 使用済燃料	31	E#0013 LWR	70
D#0014 臨界安全	31	E#0014 PSA	68
D#0015 水蒸気爆発	30	E#0015 Fuel Failure	66
D#0016 ネプソニウム	29	E#0016 Reprocessing	59
D#0017 ウラン	26	E#0017 ROSA-IV	51
D#0018 安全評価	25	E#0018 Reactivity Initiated accident	50
D#0019 照射脆化	25	E#0019 Criticality Safety	47
D#0020 計算コード	24	E#0020 Safety	46
D#0021 原子力発電所	24	E#0021 Safeguards	43
D#0022 反応度事故	23	E#0022 Zircaloy	42
D#0023 シミュレーション	22	E#0023 ROSA-III	39
D#0024 群分離	22	E#0024 TBP	39
D#0025 燃料	22	E#0025 Fuel Behavior	38
D#0026 アクシデントマネジメント	21	E#0026 Integral Test	37
D#0027 硝酸	21	E#0027 PCMI	37
D#0028 保障措置	21	E#0028 Computer code	35
D#0029 炉心損傷事故	20	E#0029 Accident Management	34
D#0030 テクネチウム	19	E#0030 NUCEF	34

和文キーワード	論文数	英文キーワード	論文数
D#0031 火災	19	E#0031 Fuel	33
D#0032 原子炉圧力容器	19	E#0032 TRACY	33
D#0033 モンテカルロ法	18	E#0033 STACY	32
D#0034 有限要素法	18	E#0034 Neptunium	31
D#0035 溶液燃料	18	E#0035 Nuclear Safety	31
D#0036 臨界安全性	18	E#0036 Steam Explosion	31
D#0037 セル換気系	17	E#0037 FCI	30
D#0038 原子炉冷却系配管	17	E#0038 High Burnup Fuel	30
D#0039 ARTコード	16	E#0039 Small Break	29
D#0040 データベース	16	E#0040 TCA	29
D#0041 ヨウ素	16	E#0041 Transient	29
D#0042 高レベル廃液	16	E#0042 Criticality	28
D#0043 放射性物質	16	E#0043 Analysis	27
D#0044 溶解	16	E#0044 PUREX	27
D#0045 圧力容器	15	E#0045 Small Break LOCA	27
D#0046 地震	15	E#0046 CCTF	26
D#0047 抽出	15	E#0047 Containment	26
D#0048 エキスパートシステム	14	E#0048 Experiment	26
D#0049 解析コード	14	E#0049 JACS	26
D#0050 吸着	14	E#0050 Plutonium	26
D#0051 軽水炉燃料	14	E#0051 Pulse Irradiation	26
D#0052 粗混合	14	E#0052 Separation	25
D#0053 燃焼度	14	E#0053 Burnup Credit	24
D#0054 爆発	14	E#0054 High Burnup	24
D#0055 炉心損傷	14	E#0055 Oxidation	24
D#0056 核種移行	13	E#0056 Quench	24
D#0057 感度解析	13	E#0057 IAEA	23
D#0058 境界要素法	13	E#0058 Fission Gas Release	22
D#0059 高燃焼度	13	E#0059 MCNP	22
D#0060 熱水力	13	E#0060 RELAP5	22
D#0061 反応度効果	13	E#0061 ROSA-V	22
D#0062 閉じ込め	13	E#0062 Uranium	22
D#0063 放射性廃棄物	13	E#0063 ALPHA	21
D#0064 未臨界度	13	E#0064 Computer Program	21
D#0065 冷却材喪失事故	13	E#0065 Handbook	21
D#0066 FP ガス放出	12	E#0066 JMTR	21
D#0067 MOX 燃料	12	E#0067 PCT	21
D#0068 ミキサセトラ	12	E#0068 Source Term	21
D#0069 ヨウ化セシウム	12	E#0069 TMI-2	21
D#0070 核燃料施設	12	E#0070 Cladding	20
D#0071 再冠水	12	E#0071 Passive Safety	20
D#0072 地層処分	12	E#0072 PWR-LOCA	20
D#0073 超ウラン元素	12	E#0073 Void Fraction	20
D#0074 沈着	12	E#0074 Extraction	19

和文キーワード	論文数	英文キーワード	論文数
D#0075 モンテカルロ	11	E#0075 Fission Product	19
D#0076 拡散	11	E#0076 FP	19
D#0077 核分裂生成物	11	E#0077 AP600	18
D#0078 構造健全性	11	E#0078 HBWR	18
D#0079 指数実験	11	E#0079 Spent Fuel	18
D#0080 地震リスク	11	E#0080 JENDL-3.2	17
D#0081 中性子拡散方程式	11	E#0081 Monte Carlo	17
D#0082 熱泳動	11	E#0082 Simulation	17
D#0083 熱流動	11	E#0083 WIND	17
D#0084 不確かさ	11	E#0084 High Temperature	16
D#0085 炉心損傷頻度	11	E#0085 Hydrogen	16
D#0086 JCO 臨界事故	10	E#0086 Reactor Pressure Vessel	16
D#0087 パルス照射	10	E#0087 RELAP5-MOD2	16
D#0088 リスク	10	E#0088 Rod bundle	16
D#0089 安全性研究	10	E#0089 LBB	15
D#0090 核燃料サイクル	10	E#0090 Purex Process	15
D#0091 監視試験	10	E#0091 Reflooding	15
D#0092 経年変化	10	E#0092 ROSA	15
D#0093 照射後試験	10	E#0093 Stainless Steel	15
D#0094 地震危険度	10	E#0094 Technetium	15
D#0095 二相流	10	E#0095 Accident	14
D#0096 燃料挙動	10	E#0096 Blowdown	14
D#0097 破壊靱性	10	E#0097 Core Cooling	14
D#0098 煤煙	10	E#0098 Critical Flow	14
D#0099 臨界	10	E#0099 Failure Probability	14
D#0100 臨界計算	10	E#0100 Hydrodynamics	14

3.2 INIS 検索用キーワードリスト

前節で抽出した原研安全性研究論文のキーワードを INIS (International Nuclear Information System) の ATOMINDEX に準拠したキーワードにするため、和文キーワードを原研専門家の協力を得て英訳した。次に、新たにランキングを行い、順位 100 位におけるキーワードと同等の論文数を計上しているキーワードまでを対象に Top{101}のキーワードリストを作成した。

表 2 は INIS 検索用キーワードの一覧である。

表 2 INIS 検索用キーワードリスト (Top{101})

Rank	Keywords	Rank	Keywords	Rank	Keywords
#001	LOCA	#035	Safety Analysis	#069	Monte Carlo
#002	PWR	#036	Reprocessing Plant	#070	Analysis
#003	Severe Accident	#037	Probabilistic Safety Evaluation	#071	Burnup
#004	NSRR	#038	TBP	#072	Monte Carlo Method
#005	BWR	#039	Containment	#073	PUREX
#006	Reprocessing	#040	ROSA-III	#074	Reflooding
#007	Safety	#041	Simulation	#075	Small Break LOCA
#008	Criticality Safety	#042	Criticality	#076	CCTF
#009	ECCS	#043	Nuclear Power Plant	#077	Experiment
#010	RIA	#044	Integral Test	#078	JACS
#011	LSTF	#045	PCMI	#079	Finite Element Method
#012	Reactor Safety	#046	Pulse Irradiation	#080	Calculation Code
#013	Two-phase flow	#047	Computer Code	#081	Database
#014	Heat transfer	#048	Reactor Pressure Vessel	#082	High Burnup
#015	Reactivity Initiated accident	#049	Seismic PSA	#083	Oxidation
#016	Reflood	#050	Extraction	#084	Quench
#017	LWR	#051	NUCEF	#085	IAEA
#018	PSA	#052	Technetium	#086	Iodine
#019	Source Term	#053	Burnup Credit	#087	Adsorption
#020	Steam Explosion	#054	Fuel	#088	Blowdown
#021	Fuel Failure	#055	TRACY	#089	Fission Gas Release
#022	Plutonium	#056	Irradiation Embrittlement	#090	MCNP
#023	Safeguards	#057	Separation	#091	Partitioning
#024	Light Water Reactor	#058	STACY	#092	RELAP5
#025	Neptunium	#059	Nitric Acid	#093	ROSA-V
#026	Pressure Vessel	#060	Nuclear Safety	#094	ALPHA
#027	Accident Management	#061	FCI	#095	Computer Program
#028	ROSA-IV	#062	Fission product	#096	Handbook
#029	Aerosol	#063	High Burnup Fuel	#097	JMTR
#030	Spent Fuel	#064	Cladding	#098	PCT
#031	Zircaloy	#065	Small Break	#099	PIE
#032	Criticality Accident	#066	TCA	#100	Seismic Risk
#033	Fuel Behavior	#067	Transient	#101	TMI-2
#034	Uranium	#068	LWR Fuel		

3.3 INIS 検索と SOCIOECO 適用結果

INIS の検索作業は原研の汎用計算機 GS8400 を使用し、バッチ処理で行った。検索作業は表 2 で示した各キーワードについて、期間別（第Ⅰ期：1978～1982 年，第Ⅱ期：1983～1987 年，第Ⅲ期：1988～1992 年，第Ⅳ期：1993～1997 年，第Ⅴ期（Present）：1998～2002 年）に行った。続いて、得られた検索結果である Out ファイルに対して原研の開発した SOCIOECO コードを利用させていただき、国内文献に関して自動仕分けを行い、所属機関別論文数を集計した。表 3 に SOCIOECO 適用結果を示す。

表 3 SOCIOECO 適用結果

Keywords	Past 25 1978-1982	Past 20 1983-1987	Past 15 1988-1992	Past 10 1993-1997	Present 1998-2002
#001 LOCA	59	125	51	22	22
#002 PWR	378	763	983	845	729
#003 Severe Accident	3	17	28	25	138
#004 NSRR	60	26	66	44	26
#005 BWR	1,093	1,412	1,635	1,387	941
#006 Reprocessing	197	282	531	692	698
#007 Safety	971	1,147	1,845	1,630	1,810
#008 Criticality Safety	18	93	66	72	192
#009 ECCS	217	266	186	106	45
#010 RIA	15	13	14	11	0
#011 LSTF	4	13	28	7	3
#012 Reactor Safety	760	957	1,561	1,241	1,208
#013 Two-phase flow	171	253	276	355	355
#014 Heat transfer	609	701	861	907	0
#015 Reactivity Initiated accident	16	14	32	20	15
#016 Reflood	31	71	26	10	4
#017 LWR	39	108	74	77	87
#018 PSA	0	4	29	21	17
#019 Source Term	7	39	29	32	74
#020 Steam Explosion	2	2	3	13	44
#021 Fuel Failure	216	166	223	121	104
#022 Plutonium	328	390	682	714	778
#023 Safeguards	48	70	59	183	166
#024 Light Water Reactor	91	107	247	182	172
#025 Neptunium	34	62	148	224	228
#026 Pressure Vessel	294	360	467	673	258
#027 Accident Management	20	20	44	47	117
#028 ROSA-IV	4	18	30	5	0
#029 Aerosol	120	125	200	162	182
#030 Spent Fuel	151	226	404	623	497
#031 Zircaloy	100	138	127	112	82
#032 Criticality Accident	21	8	27	14	38

Keywords	Past 25 1978-1982	Past 20 1983-1987	Past 15 1988-1992	Past 10 1993-1997	Present 1998-2002
#033 Fuel Behavior	67	71	103	118	111
#034 Uranium	1,244	3,096	4,255	4,080	3,567
#035 Safety Analysis	187	313	438	517	636
#036 Reprocessing Plant	91	168	222	240	267
#037 Probabilistic Safety Evaluation	3	6	13	10	24
#038 TBP	22	20	56	73	57
#039 Containment	321	264	335	348	213
#040 ROSA-III	37	49	11	0	0
#041 Simulation	651	1,040	1,502	2,303	2,310
#042 Criticality	95	180	222	238	498
#043 Nuclear Power Plant	784	1,277	1,351	1,160	940
#044 Integral Test	18	38	32	33	37
#045 PCMI	5	4	0	0	0
#046 Pulse Irradiation	30	33	59	47	63
#047 Computer Code	658	982	1,254	1,124	1,408
#048 Reactor Pressure Vessel	236	252	394	528	217
#049 Seismic PSA	0	1	5	3	4
#050 Extraction	385	308	372	582	426
#051 NUCEF	0	5	8	65	179
#052 Technetium	571	667	664	647	509
#053 Burnup Credit	0	0	1	8	15
#054 Fuel	1,719	2,163	3,003	3,097	2,629
#055 TRACY	0	0	2	3	33
#056 Irradiation Embitterment	28	23	31	33	36
#057 Separation	1,127	1,043	1,581	1,919	1,511
#058 STACY	0	0	2	7	24
#059 Nitric Acid	69	84	194	197	126
#060 Nuclear Safety	323	477	952	879	983
#061 FCI	1	1	1	1	8
#062 Fission product	288	353	586	492	531
#063 High Burnup Fuel	13	23	59	72	106
#064 Cladding	189	181	191	184	201
#065 Small Break	13	19	29	9	2
#066 TCA	7	4	6	29	23
#067 Transient	221	353	434	321	290
#068 LWR Fuel	16	40	36	54	66
#069 Monte Carlo	192	285	455	581	691
#070 Analysis	2,230	2,750	3,045	3,804	3,755
#071 Burnup	114	221	347	399	419
#072 Monte Carlo Method	192	283	455	578	678
#073 PUREX	17	31	82	172	114
#074 Reflooding	7	7	9	0	2
#075 Small Break LOCA	8	15	22	6	2

Keywords	Past 25	Past 20	Past 15	Past 10	Present
	1978-1982	1983-1987	1988-1992	1993-1997	1998-2002
#076 CCTF	4	34	10	4	0
#077 Experiment	600	783	1,101	1,072	1,198
#078 JACS	2	3	0	2	1
#079 Finite Element Method	171	332	295	272	214
#080 Calculation Code	221	318	403	443	582
#081 Database	7	9	35	34	86
#082 High Burnup	17	26	67	79	107
#083 Oxidation	302	350	391	379	285
#084 Quench	7	8	20	20	10
#085 IAEA	278	328	198	328	765
#086 Iodine	543	605	820	708	545
#087 Adsorption	283	329	377	415	265
#088 Blowdown	76	70	18	14	7
#089 Fission Gas Release	18	41	62	39	46
#090 MCNP	0	3	6	13	37
#091 Partitioning	13	16	28	66	67
#092 RELAP5	4	14	6	6	8
#093 ROSA-V	0	0	0	5	2
#094 ALPHA	887	938	1,322	1,175	1,034
#095 Computer Program	112	102	169	118	139
#096 Handbook	2	14	16	9	18
#097 JMTR	59	68	112	130	118
#098 PCT	0	2	1	1	0
#099 PIE	2	1	3	7	12
#100 Seismic Risk	2	6	13	28	20
#101 TMI-2	6	10	2	4	0

3.4 統合キーワードリスト作成

表 3 で作成した SOCIOECO による仕分け結果に対し、さらに同一語義のキーワードを集計し、統合キーワードリストを作成した。キーワード数は 97 となっている。表 4 は統合キーワードの一覧である。以下の分析では表 4 のキーワードを使用する。

表 4 統合キーワード (原研の工学的安全性研究{Top97})

Rank	Keywords	Rank	Keywords	Rank	Keywords
R001	LOCA	R034	Reprocessing Plant	R067	Analysis
R002	PWR	R035	TBP	R068	Burn up
R003	Severe Accident	R036	Containment	R069	Monte Carlo Method
R004	NSRR	R037	ROSA-III	R070	PUREX
R005	BWR	R038	Simulation	R071	Small Break LOCA
R006	Reprocessing	R039	Criticality	R072	CCTF
R007	Safety	R040	Nuclear Power Plant	R073	Experiment
R008	Criticality Safety	R041	Integral Test	R074	JACS
R009	ECCS	R042	PCMI	R075	Finite Element Method
R010	RIA	R043	Pulse Irradiation	R076	Calculation Code
R011	LSTF	R044	Computer Code	R077	Database
R012	Reactor Safety	R045	Reactor Pressure Vessel	R078	High Burn up
R013	Two-phase flow	R046	Seismic PSA	R079	Oxidation
R014	Heat transfer	R047	Extraction	R080	Quench
R015	Reflood	R048	NUCEF	R081	IAEA
R016	LWR	R049	Technetium	R082	Iodine
R017	PSA	R050	Burn up Credit	R083	Adsorption
R018	Source Term	R051	Fuel	R084	Blowdown
R019	Steam Explosion	R052	TRACY	R085	Fission Gas Release
R020	Fuel Failure	R053	Irradiation Embitterment	R086	MCNP
R021	Plutonium	R054	Separation	R087	Partitioning
R022	Safeguards	R055	STACY	R088	RELAP5
R023	Neptunium	R056	Nitric Acid	R089	ROSA-V
R024	Pressure Vessel	R057	Nuclear Safety	R090	ALPHA
R025	Accident Management	R058	FCI	R091	Computer Program
R026	ROSA-IV	R059	Fission product	R092	Handbook
R027	Aerosol	R060	High Burn up Fuel	R093	JMTR
R028	Spent Fuel	R061	Cladding	R094	PCT
R029	Zircaloy	R062	Small Break	R095	PIE
R030	Criticality Accident	R063	TCA	R096	Seismic Risk
R031	Fuel Behavior	R064	Transient	R097	TMI-2
R032	Uranium	R065	LWR Fuel		
R033	Safety Analysis	R066	Monte Carlo		

4 評価結果

4.1 原研の工学的安全性研究{Top97}の特徴

図1は原研の工学的安全性研究{Top97}のキーワードをINISに入力した検索結果から得られた論文数の国際比較を示したものである。原研の工学的安全性研究の注力分野におけるわが国の論文蓄積数は過去25年間で全体の7.9%を占め、米国(18.4%)に次いで世界2位の実績を持つ。近年においては、わが国の論文数は全体の10.3%を占め、米国(10.5%)とほぼ同水準の論文数を発表している(Present case)。

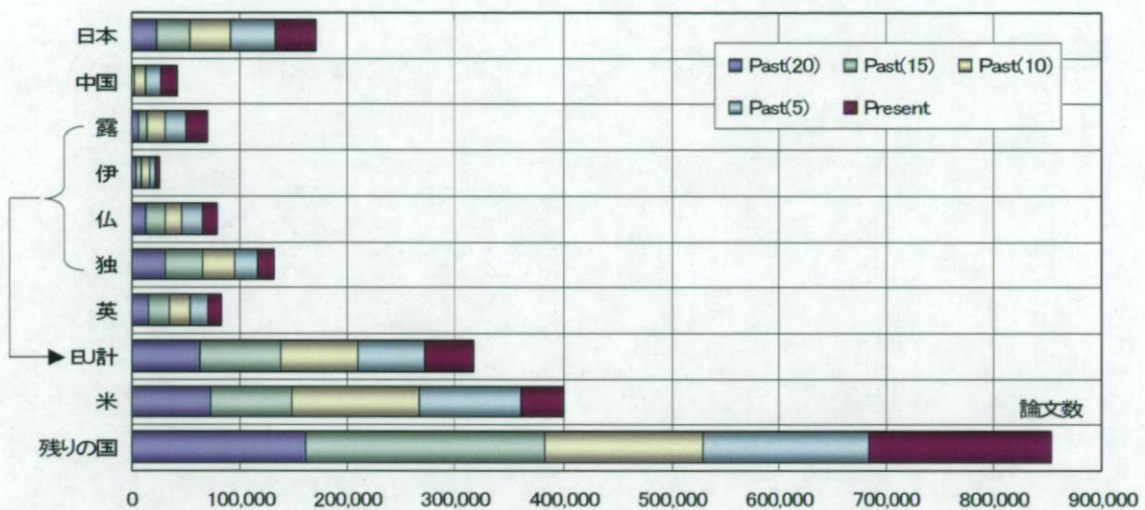


図1 原研の工学的安全性研究注力研究分野{Top97}における日本と世界の原子力主要国の過去25年間の論文数(のべ数表示)

4.2 我が国における原研の工学的安全性研究

図2は近年の原研の工学的安全性研究の注力研究分野の国内機関別論文数の比較を行った物である(Present case)。原研は単独でシェア26.8%を占めており、同分野における中心的役割を果たしていると言える。他の機関別シェアについては、公的研究機関合計(官)が31.4%、民間企業・研究機関(民)が21.7%、大学・大学研究機関(学)が20.1%となっている。

図3は過去25年間の原研の工学的安全性研究の注力研究分野の国内機関別論文数の推移を示したものである。原研は過去25年間においても同分野の国内論文数の23~27%のシェアを占めており、同研究分野の常に中心的位置にあったと言える。

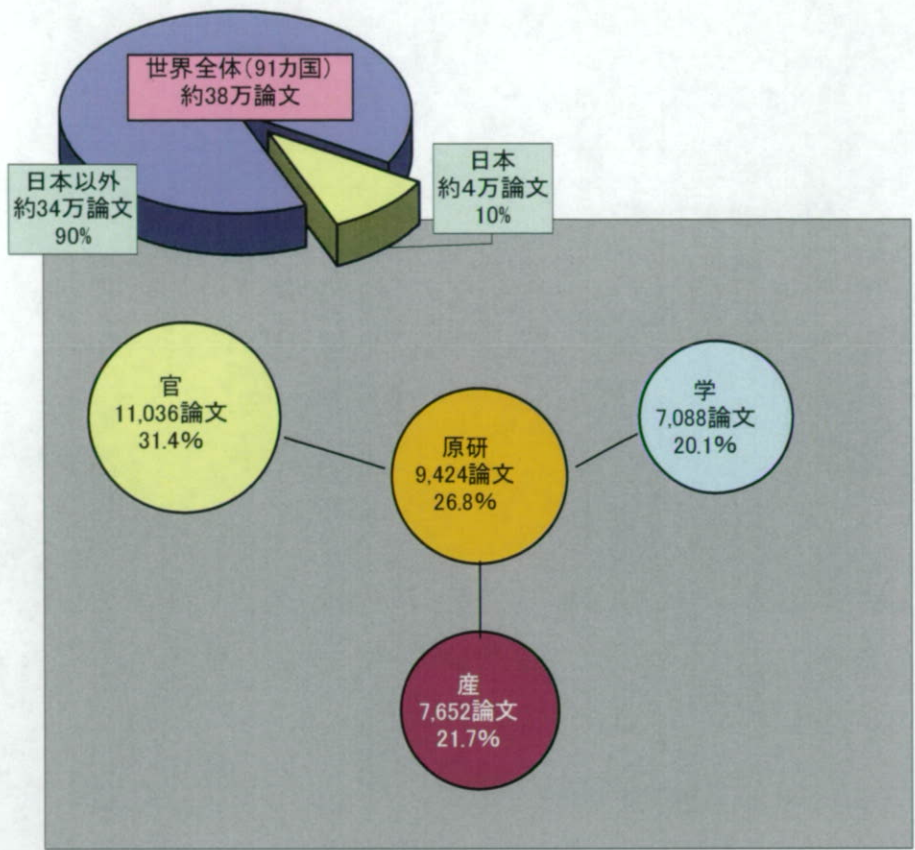


図2 原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}における国内機関別論文数 (Present case)

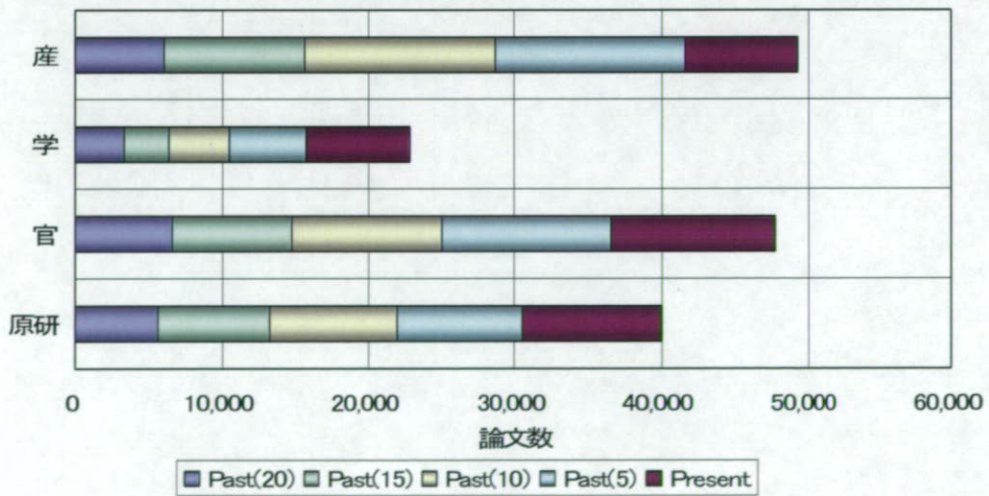


図3 原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}における国内機関別論文数の推移

4.3 原研の工学的安全性研究の比較優位分野

原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}に挙げられた個別の研究分野は、必ずしも原研がトップシェアを持つものではなく、原研以外の他の研究機関も研究している可能性がある。そこで、本評価研究では、原研{Top97}のうち、論文数全体からみて原研がトップシェアを持つ研究分野を抽出するために、次のような「比較優位性指標 (CPI: Comparative Predominant Index)」を作成し、個々のキーワードに代表される個別研究分野の機関別比較を行った。

$$\text{比較優位性指標 (CPI}_x) = (A_x) / (B)$$

ただし、 x はランキング x 位のキーワードを示す。 $x=1\sim 97$

$$A_x = \{ \text{原研帰属論文数} | x \} / \{ \text{日本帰属の論文数} | x \}$$

$$B = \sum \{ \text{原研帰属論文数} | x \} / \sum \{ \text{日本帰属の論文数} | x \}$$

$\text{CPI}_x \geq 1$ であれば、発表論文数全体からみて原研の当該研究分野 x は他機関に対してシェアが高く、同研究分野において原研が中心的役割を果たしていると判断される。表5は原研{Top97}に関して、すべてのランキングのCPIを計算した結果である。

表5 原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}の国内研究機関別CPI

Keywords	CPI(原研)	CPI(産)	CPI(学)	CPI(官)
R001 LOCA	1.51	0.93	1.26	0.00
R002 PWR	0.85	2.50	0.39	0.45
R003 Severe Accident	1.23	0.41	1.84	0.69
R004 NSRR	3.20	0.20	0.00	0.00
R005 BWR	0.56	3.08	0.36	0.41
R006 Reprocessing	1.02	1.04	1.77	0.50
R007 Safety	1.05	1.24	1.35	0.59
R008 Criticality Safety	2.25	0.48	0.89	0.43
R009 ECCS	1.11	2.39	0.61	0.47
R010 RIA	2.22	0.00	0.00	0.47
R011 LSTF	4.16	0.00	0.00	0.00
R012 Reactor Safety	1.08	1.42	1.17	0.51
R013 Two-phase flow	0.52	0.91	0.33	1.76
R014 Heat transfer	0.82	0.83	0.72	1.47
R015 Reflood	2.77	0.85	0.92	0.00
R016 LWR	1.14	1.38	0.43	0.82
R017 PSA	1.01	1.25	1.89	0.26
R018 Source Term	2.08	0.69	1.19	0.29
R019 Steam Explosion	1.70	0.47	1.51	0.65
R020 Fuel Failure	1.80	0.54	1.75	0.24
R021 Plutonium	1.18	0.67	1.75	0.56
R022 Safeguards	1.05	0.56	2.40	0.53
R023 Neptunium	1.64	0.29	0.56	1.14
R024 Pressure Vessel	0.82	2.32	0.58	0.58

Keywords	CPI(原研)	CPI(産)	CPI(学)	CPI(官)
R025 Accident Management	0.82	1.18	1.84	0.36
R026 ROSA-IV	---	---	---	---
R027 Aerosol	1.05	0.37	1.43	1.27
R028 Spent Fuel	0.91	2.09	1.06	0.29
R029 Zircaloy	0.71	1.75	0.40	0.95
R030 Criticality Accident	1.31	0.94	0.29	1.49
R031 Fuel Behavior	1.42	0.60	1.10	0.80
R032 Uranium	1.09	1.42	0.61	0.83
R033 Safety Analysis	1.17	1.00	1.57	0.45
R034 Reprocessing Plant	0.97	0.98	2.44	0.28
R035 TBP	1.09	0.90	1.07	1.06
R036 Containment	0.62	1.92	1.56	0.32
R037 ROSA-III	---	---	---	---
R038 Simulation	0.86	0.55	0.70	1.59
R039 Criticality	1.62	0.44	1.30	0.71
R040 Nuclear Power Plant	0.49	2.64	0.81	0.59
R041 Integral Test	1.01	0.55	0.60	1.06
R042 PCMI	---	---	---	---
R043 Pulse Irradiation	0.59	0.73	0.35	1.80
R044 Computer Code	1.25	0.69	1.08	0.84
R045 Reactor Pressure Vessel	0.86	2.41	0.61	0.49
R046 Seismic PSA	2.08	0.00	2.76	0.00
R047 Extraction	0.96	0.46	0.90	1.48
R048 NUCEF	2.93	0.20	0.40	0.48
R049 Technetium	0.26	0.13	0.66	2.73
R050 Burn up Credit	3.05	0.68	0.00	0.24
R051 Fuel	0.98	1.27	1.46	0.56
R052 TRACY	3.53	0.00	0.17	0.11
R053 Irradiation Embitterment	0.92	1.28	0.46	0.99
R054 Separation	0.85	0.86	1.14	1.16
R055 STACY	3.81	0.00	0.00	0.00
R056 Nitric Acid	1.29	0.65	1.27	0.73
R057 Nuclear Safety	1.06	1.36	1.18	0.58
R058 FCI	2.08	0.00	2.07	0.44
R059 Fission product	1.29	0.54	1.10	0.87
R060 High Burn up Fuel	1.57	1.30	0.89	0.27
R061 Cladding	0.81	1.48	1.68	0.34
R062 Small Break	4.16	0.00	0.00	0.00
R063 TCA	2.53	0.89	0.24	0.00
R064 Transient	1.22	0.62	0.91	1.21
R065 LWR Fuel	1.20	1.47	0.42	0.38
R066 Monte Carlo	1.02	0.34	0.63	1.57
R067 Analysis	0.73	0.60	1.09	1.47
R068 Burn up	1.43	1.00	1.19	0.43

Keywords	CPI(原研)	CPI(産)	CPI(学)	CPI(官)
R069 Monte Carlo Method	1.02	0.33	0.63	1.59
R070 PUREX	1.49	0.94	1.16	0.59
R071 Small Break LOCA	4.16	0.00	0.00	0.00
R072 CCTF	---	---	---	---
R073 Experiment	1.01	0.34	0.77	1.55
R074 JACS	4.16	0.00	0.00	0.00
R075 Finite Element Method	0.39	1.27	1.16	1.29
R076 Calculation Code	1.19	0.75	0.87	0.95
R077 Database	1.21	0.36	1.35	1.16
R078 High Burn up	1.59	1.29	0.88	0.27
R079 Oxidation	0.85	0.93	1.12	1.10
R080 Quench	0.83	0.51	0.55	1.42
R081 IAEA	1.18	0.20	0.56	1.79
R082 Iodine	0.52	0.32	0.87	2.21
R083 Adsorption	0.60	0.39	0.90	1.81
R084 Blowdown	0.59	1.46	1.58	0.51
R085 Fission Gas Release	2.35	0.45	0.48	0.39
R086 MCNP	2.58	0.28	0.60	0.48
R087 Partitioning	1.80	1.22	0.99	0.21
R088 RELAP5	2.60	0.64	0.00	0.00
R089 ROSA-V	4.16	0.00	0.00	0.00
R090 ALPHA	0.83	0.25	1.14	1.60
R091 Computer Program	1.70	0.59	1.27	0.46
R092 Handbook	1.15	0.57	0.31	1.77
R093 JMTR	2.82	0.04	0.14	0.72
R094 PCT	---	---	---	---
R095 PIE	2.77	0.43	1.38	0.00
R096 Seismic Risk	1.25	0.26	1.66	0.35
R097 TMI-2	---	---	---	---

図4は表4の結果を基に、原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}における原研、官、学、産の比較優位性指標(CPI)を同時プロットしたものである。例えば、R001のLOCAに関する研究分野では原研は他の研究機関と比較してCPIが1よりも大きく、他の研究機関と比較してシェアが高いだけでなく、CPIの値が1.51でトップであり、同研究分野において原研が中心的な役割を果たしていることがわかる。一方、R054 SeparationはCPIが0.85と1よりも小さく、かつ、他の研究機関と比較してもっとも小さい値なので、Separation研究分野における原研のポジションは相対的に低いものと言わざるを得ない。

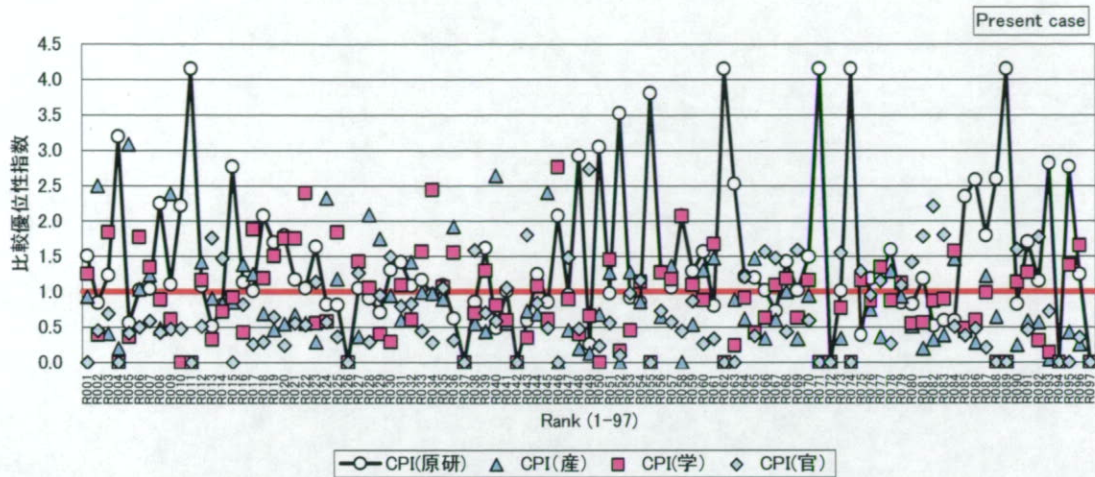


図4 原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}における研究機関別CPIの同時プロット

図5はCPIを使用して区分した原研{Top97}の比較優位性を持つ研究分野の抽出結果である。このうち、CPIの値がトップで原研が比較優位を持つ、すなわち国内の研究ネットワークの中心的ポジションにある研究分野は39、CPIの値が他の研究機関と比較して中間的な(トップでもなければワーストでもない)研究分野は48(そのうち、CPIが1よりも大きいのは24)、CPIの値がワーストで比較優位を持たない、すなわち国内研究ネットワークの中心的ポジションでない研究分野はわずかに4であった。総じて、原研の工学的安全性研究の注力分野は国内ネットワークの牽引的役割を果たしていることが明らかとなっている。なお、CPIの値が検出されない研究分野は近年(Present case)において国内に研究事例のない分野であった。

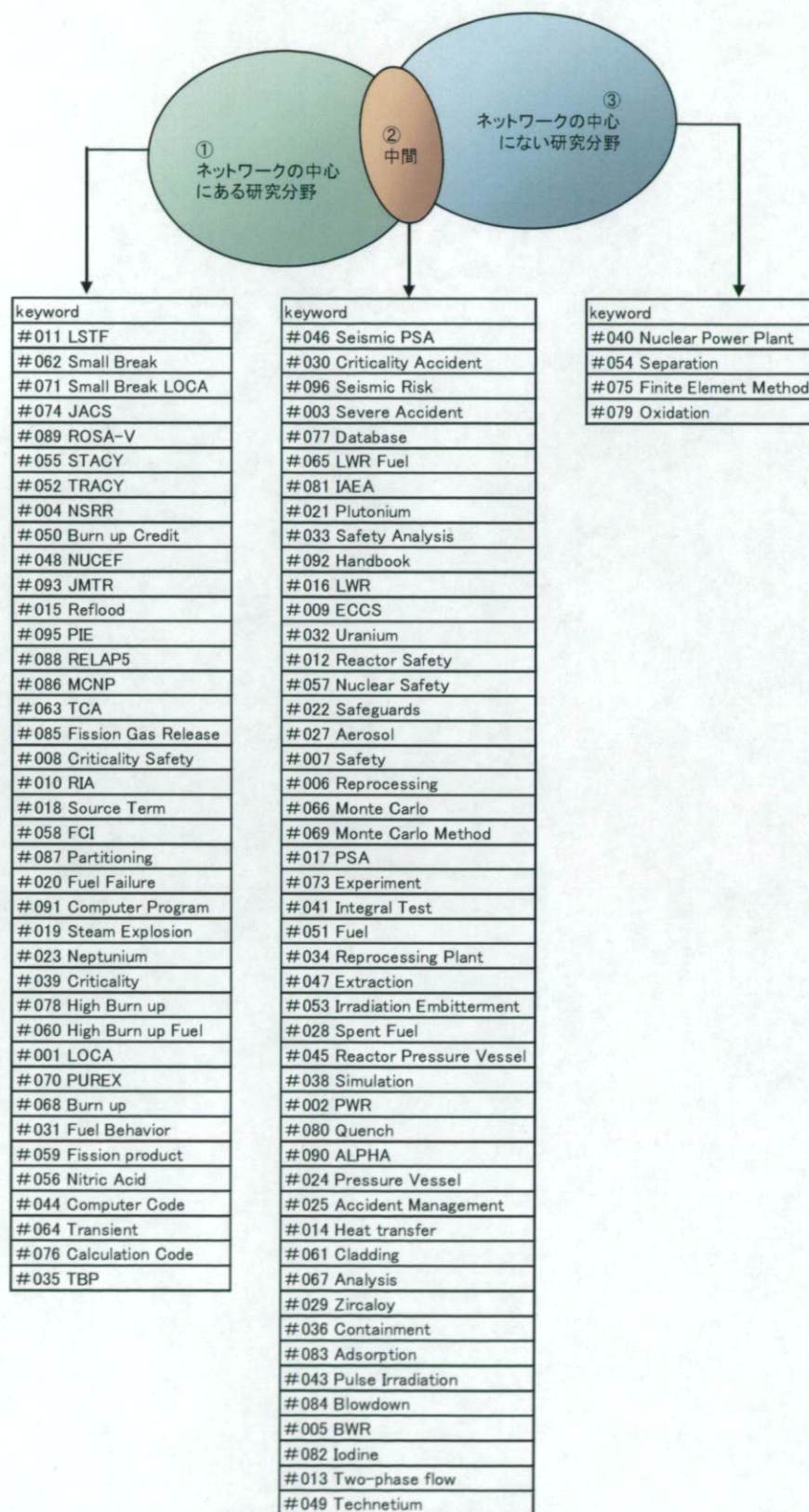


図5 原研の工学的安全性研究注力分野{Top97}をCPIにより国内ネットワークの中心にあるか否かを区分した結果

4.4 原研の工学的安全性研究注力分野のネットワーキング

(1) ネットワーキング図の作成

前節までに得られたデータを基に、ネットワーキング図を図6のような形で示すこととする。

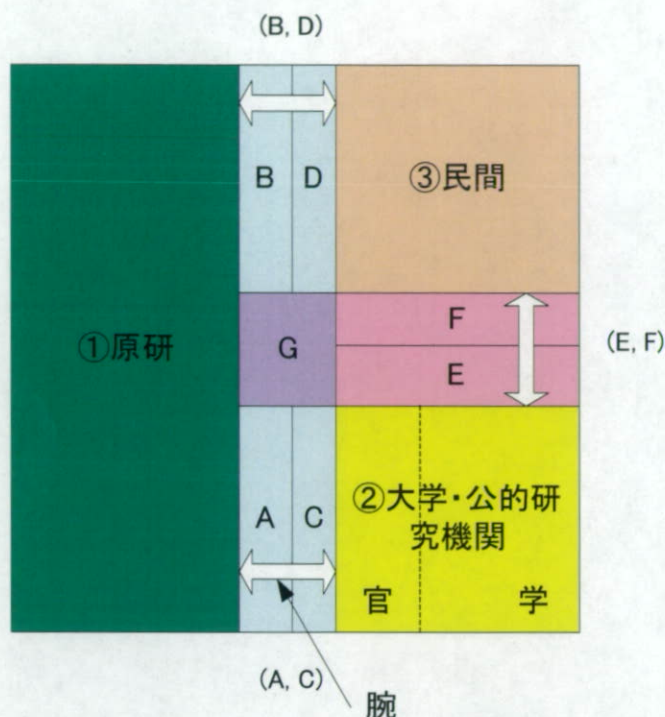


図6 ネットワーキング図の基本概念図

ここで、

- ① ある研究分野（キーワード）の論文数は面積で示す。本報告書では、スケール不変で1論文1平方ミリメートルを単位面積とする。正方形で示される図全体の面積が当該研究分野の総論文数を表しており、それぞれの内訳が%で示されることになる。
- ② 正方形の左辺から出発している緑色の長方形（■）部分が原研の論文数を表している（図中の①原研）。また、右上の長方形（■）が民間研究機関の論文数を表している（図中の③民間）。右下の長方形（■）は官と学の論文数合計を表しており、作図上の都合から一括りにして「公」と表現している（図中の②大学・公的研究機関）。これは原子力安全性研究を行っている大学が国立大学に限られるためでもある。なお、公については公的研究機関と大学の区別がつくように領域を破線で区分している。
- ③ 共同論文は図中のA～Fおよび三機関共同のGで表されている。Aは原研と公との共同論文のうち、筆頭著者が原研である場合の論文の数を表している。反対にCは筆頭著者が公の共同論文である。同様にBは民間との共同論文で原研が筆頭著者、Dはその逆、Eは公と民間の共同論文で公が筆頭著者、Fは民間が筆頭著者の論文の数を表している。これらの共同論文を「腕」もしくは「ネットワーキング」と称し、この部分の大きさが

時系列で比較した場合に大きくなっていけば、研究交流が盛んになっていることを表すものとする。

(2) ネットワーキング図の評価基準

上記で作成したネットワーキング図を用いて、次のような基準で原研の工学的安全性研究の社会経済効果を計測するものとする。

- ① 当該研究分野の広がり程度はネットワーキング図の面積が表しているものとする。
- ② 原研と民、官、学との連携の広がりは、共同論文部分の面積が表しているものとする。
- ③ 年代を追うごとに連携の程度が拡大している場合には、原研の当該する安全性工学研究が民、官、学の研究機関に波及しているものとする。

(3) 原研の工学的安全性研究のネットワーキングの実態

以下では、原研の工学的安全性研究分野のうち、代表的なキーワードについてネットワーキング図を年代別に作成する。キーワードの候補としては、原子力発電の多重防護思想の区分に従い、燃料系と冷却系、および重大事故関連の研究分野を取り上げる。

・ R059 Fission product (燃料系) 研究のネットワーキングの実態

図7はランキング59位の Fission product に関連する研究分野のネットワーキングの年代別推移を示したものである。研究分野全体の広がりには1988年～1992年代においてピークを迎えるが、近年、再び拡大傾向にある。また、ネットワーキングの大きさは確実に拡大しつつあり、特に近年では民間研究機関との共同論文のシェアが大きくなっていることが見て取れる。このことは原研の研究成果が民間部門に波及していることを示すものと思われる。

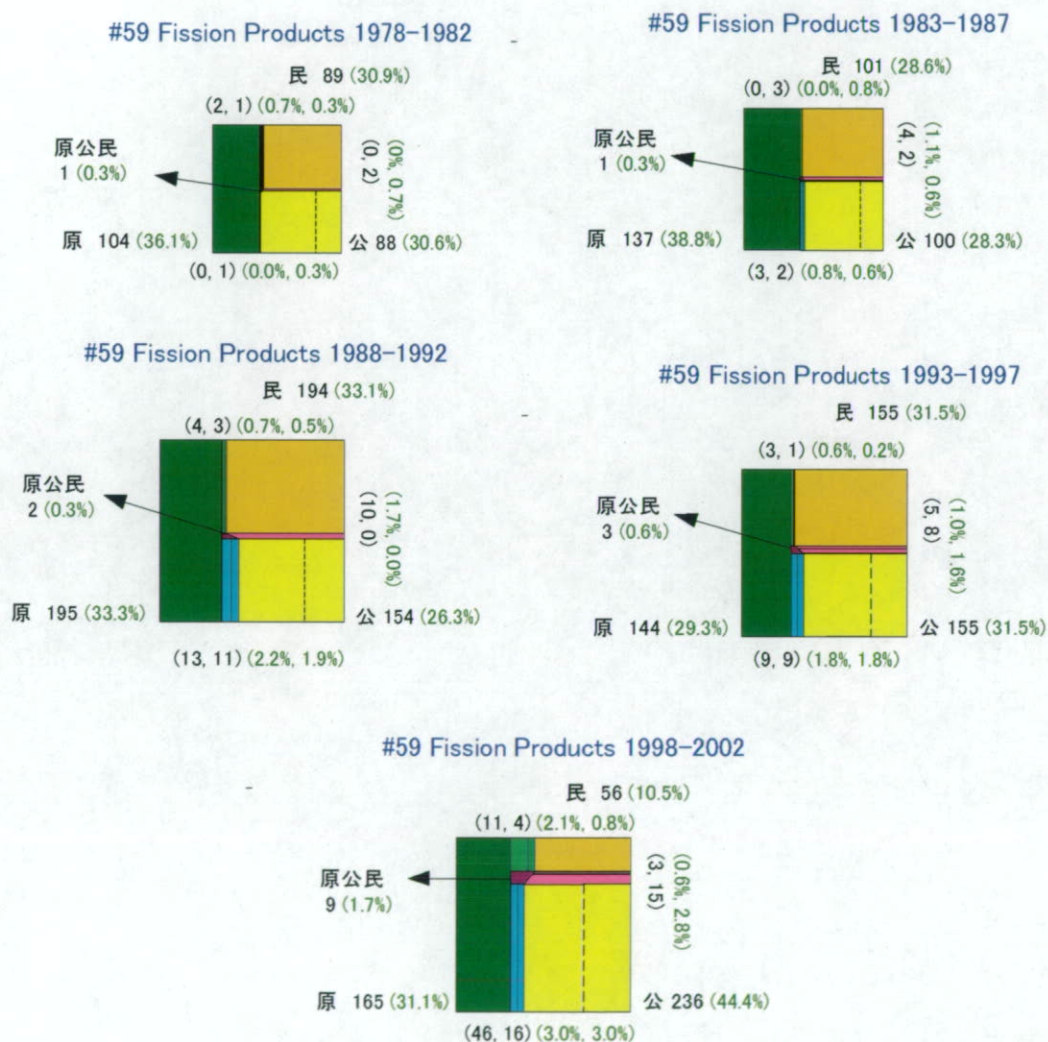


図7 R059 Fission Product 研究におけるネットワーキングの推移

・R064 Transient (燃料系) 研究のネットワークの実態

図8はランキング64位の Transient に関連する研究分野のネットワークの年代別推移を示したものである。研究分野の広がりには1988年～1992年代において年代別ピークを迎えている。ネットワークの広がりとしては、当初、原研からの腕は民間、公に対して0であったが、年代を経るに従って、公から民間へとネットワークの構造が移っている。ネットワーク全体のシェアについても拡大傾向にある。Transient 研究の特徴としては、公・民間のネットワークが早くから形成されていた点が挙げられる。

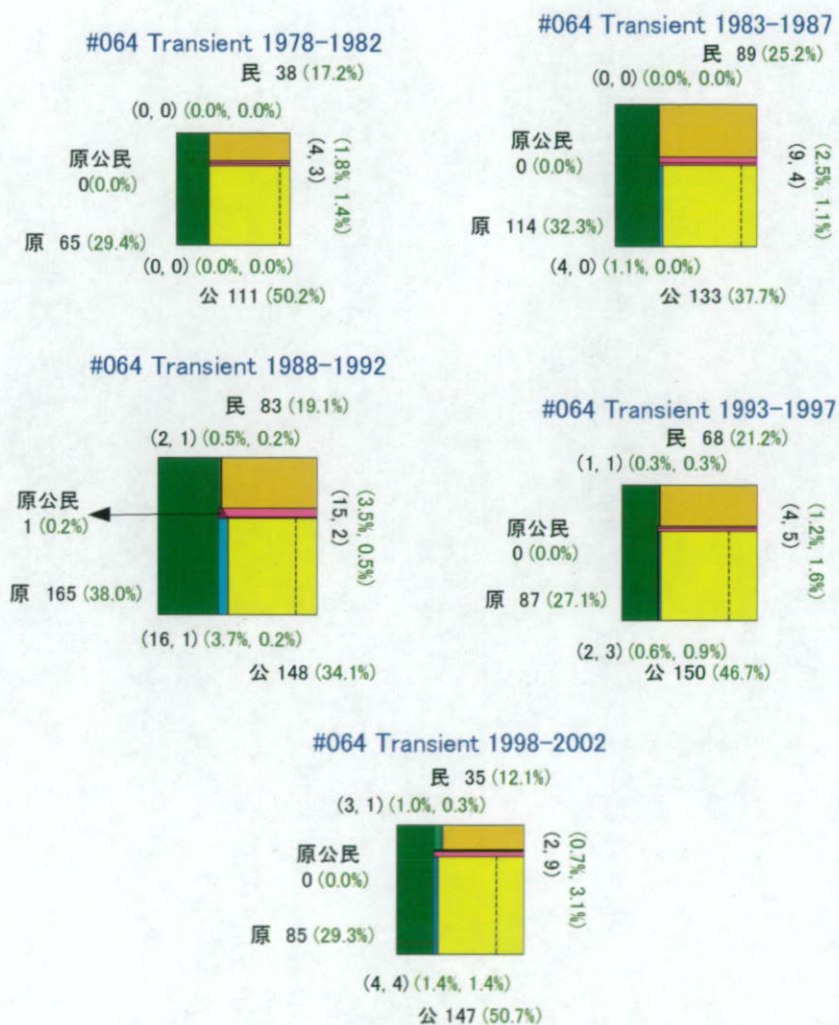


図8 R064 Transient 研究のネットワークの推移

・R001 LOCA（冷却系）研究のネットワーキングの推移

図9はランキング1位のLOCAに関連する研究分野のネットワーキングの年代別推移を示したものである。LOCA研究は原研が当初8割を占める独占的研究分野であった。研究分野全体の広がりとしては1983年～1987年にピークを迎え、近年まで縮小傾向にある。原研のシェアとしてもPresent（1998年～2002年）においては36.4%まで低下している。ネットワーキングの実態としては、原研からの腕は公に対するものがシェアとして大きく、また、1983年～1987年代、およびPresentでは公と民間のネットワーキングの比率が大きいものとなっている。

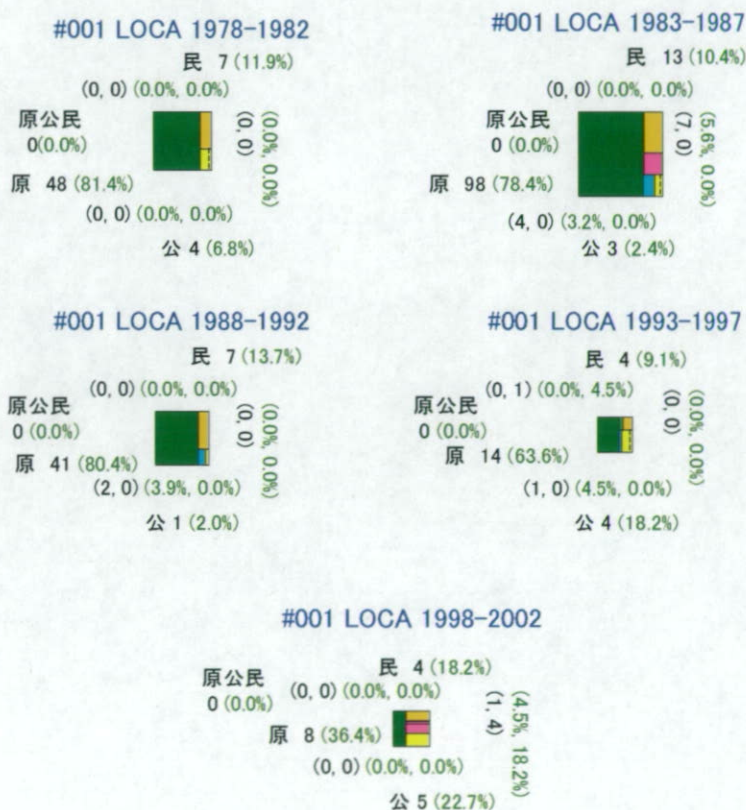


図9 R001 LOCA 研究のネットワーキングの推移

・R039 Criticality (重大事故) 研究のネットワーキングの実態

図 10 はランキング 39 位の Criticality に関連する研究分野のネットワーキングの年代別推移を示したものである。研究分野の広がりには年代を経るに従い拡大している。原研のシェアは当初 55%であったが、近年ではネットワーキングが広がったことにより 39%まで低下している。ネットワーキングの実態としては、当初ほとんど形成されていなかったが、原研と公との共同論文数が増加し、近年では原研と民間、公と民間、および三機関共同研究のシェアが増加しつつあり、原研の初期の研究成果が国内に確実に波及している実態が明らかとなっている。

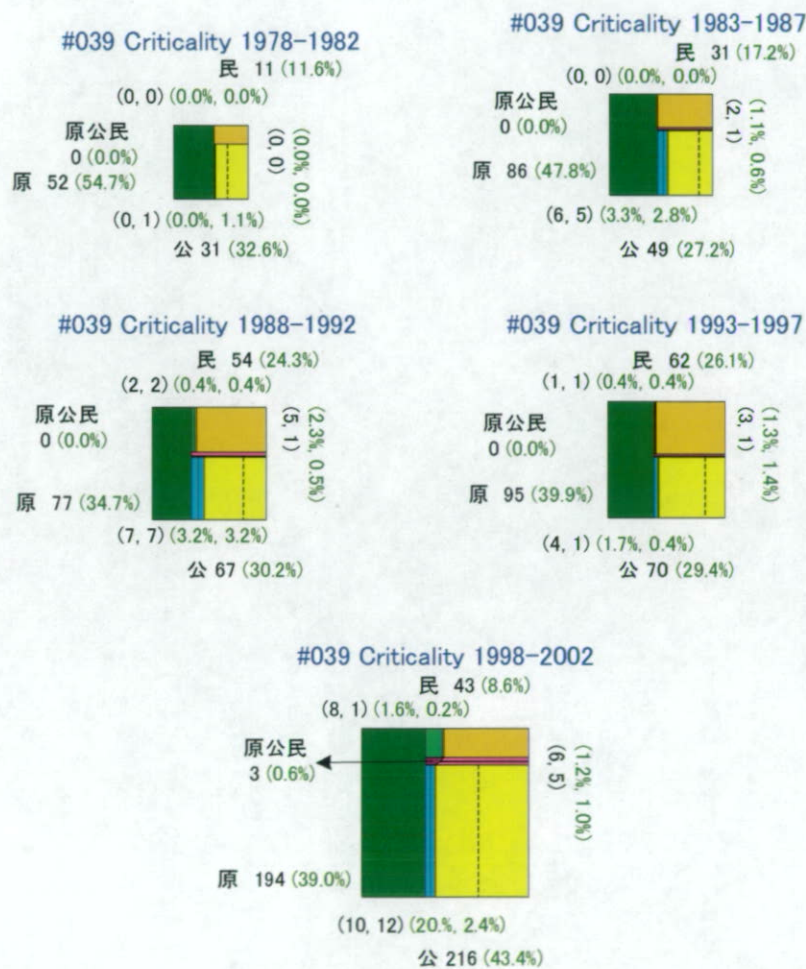


図 10 R039 Criticality 研究のネットワーキングの推移

5 納入成果物一覧

本報告書：10部

評価結果データ：10式 (MO)