

平成 2 1 年度
特許出願技術動向調査報告書
多用途免振・制振・除振システム
(要約版)

<目次>

第 1 部 免振・制振・除振システムの特許動向.....	1
第 2 部 研究開発動向.....	19
第 3 部 政策動向.....	27
第 4 部 市場環境.....	31
第 5 部 提言.....	36

平成 2 2 年 4 月

特 許 庁

問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課 技術動向班
電話：03-3581-1101 (内線2155)

第1部 免振・制振・除振システムの特許動向

第1章 免振・制振・除振システム技術の概要

第1節 免振・制振・除振システムの技術俯瞰図

免振・制振・除振システムの構成要素としては、大きく振動絶縁（免振・除振）と制振（減衰機能）に分けられる。

振動絶縁（免振・除振）の詳細な技術要素として積層ゴム支承、すべり或いは転がり支承、ばね支承などが主に利用されている。

制振（減衰機能）の詳細な技術要素として履歴ダンパー、摩擦ダンパー、流体ダンパー、磁力ダンパー、更に付加質量により減衰させるものなどが主に利用されている。

また、上記技術要素単独で使用される場合や振動絶縁（免振・除振）と制振（減衰機能）を種々組み合わせる場合など様々である。

免振・制振・除振システムの技術俯瞰図を図1に示す。

振動の発生原因については、地震、風、工事、設備機器、交通、波浪などを対象とし、音も振動源となるが、本調査では対象外とした。

対象構造物・機器等の用途については、建築物、土木構造物、ライフライン、美術館・博物館などの展示台、機械設備、運輸、宇宙構造物、建設機械等を対象とし、音響機器や車・電車用途については本調査では対象外とした。

抑制・制御の方法については、免震（振）、制震（振）、防振、除振、減揺（船舶など）を対象とし、耐震、補強については本調査では対象外とした。

なお、一般的に振動に関して「震」は地震や風などの自然由来のものに、「振」は交通や機器など人間由来のものにそれぞれ使い分けられることが多いが、本調査では業界などで一般的に使用されているものについては、その使い方を優先している。本調査のタイトルとしては、「振」を使用しているが地震や風などの自然由来の振動も含まれる。

図1 免振・制振・除振システムの技術俯瞰図



※網掛けの部分については今回の調査の解析対象とはしない。

※「装置の構成要素」の解析は、各要素単独について行うのではなく、各々の要素が複合されたものも対象とする。

第2節 免振・制振・除振システムの技術開発状況

日本において免振・制振・除振システムの技術開発は、装置メーカーや設計・施工を請け負うゼネコンが主体で行われている。開発を行っている企業は規模的には大きなところが多く、一部にベンチャー企業（大学の知財を基にしたベンチャー等）などが参入しているが数は少ない。技術開発は企業単独で行う場合、企業（装置メーカー）と企業（ゼネコン）が共同、企業と大学の共同など様々な形で行われている。

技術に関しては、数多くの特許出願や研究開発が行われ多くの装置、施工技術などが研究開発され、実際に使用されている事例も数多くあり、技術水準に関しても高いレベルにある。

建築用途としては、大規模な高層マンションから小規模な戸建住宅、病院や学校、美術館や重要文化財建造物のレトロフィットなど、或いは建物内部の計算機、医療機器や美術品を守るための免震床や免震台（ラックなど）、更に精密機器を製造する工場などにも利用されている。

土木用途としては、橋梁や港湾施設、空港施設などの支承やジョイント、機械設備用途としては、半導体製造装置などにおいて、機器や地震による振動の影響を除去する除振装置などに免振・制振・除振技術が適用されている。また、原子力プラントの建屋や機器の免震・制振にも適用されている。

なお、用途によりその技術内容や実用実績は異なる。例えば、アクティブ或いは3次元免振技術について、高層建築物に使用されている装置と半導体製造装置に使用されている装置では、対象とする振動周期や装置の駆動源、装置の大きさなど大きく異なる。また、半導体製造装置などの精密機械機器などでは、アクティブ或いは3次元免振（除振装置）は多く使用されているが、建築物では、技術的には可能であるが、コスト面などのこともあり、導入されている例は少ない。

現状の課題としては、建築・土木分野への適用に関しては、コスト面で耐震、補強に比べ導入コストが割高な面もあり、一層のコスト削減や施工性など技術開発が行われている。機械設備分野では、半導体装置などの精密機器の微細、高速、高性能化に伴い、高性能化、高信頼性などが一層求められている。

第3節 技術区分

特許文献（非特許文献も同じ）に対する技術区分の内容を表1に示す。この区分は技術俯瞰図に掲載の項目をより詳細に区分したものである。免振・制振・除振システムの技術を種々の面から解析するために大区分、中区分、小区分に分類した。

表1 技術区分 (1/4)

大区分	中区分	小区分
A 振動源	振動源	不特定
		地震
		風
		交通
		工事
		機器
		波浪
		その他
B 対象振動	周期	長周期
		短中周期
	方向	上下のみ
		水平のみ
		3次元
		ロッキング
		ねじり
	変位	回転
		微小振幅
		中振幅
C 手法	手法	大振幅
		パッシブ
		セミアクティブ
D 駆動源	アクチュエータ	フルアクティブ
		油圧
		空気
	その他	電動
		電磁力
		ばね
		電歪素子
		形状記憶合金

表1 技術区分 (2/4)

大区分	中区分		小区分	
E 振動絶縁(免振、除振)	積層ゴム	天然ゴム		
		高減衰ゴム/添加剤		
		高減衰ゴム/その他		
		その他		
		不特定		
	すべり	材料	樹脂/PTFE	
			樹脂/ポリイミド	
			樹脂/その他	
			金属/ステンレス	
			金属/銅	
		金属/その他		
	構造		平面すべり	
			曲面すべり	
			その他	
	転がり		単球	
			複球	
		ベアリング		
ばね		金属		
		流体(空気を含む)		
		磁気(磁気浮上を含む)		
		ゴム		
		その他		
その他		水浮上		
		吊り		
		その他		
F 制振	塑性	鋼材		
		鉛		
		鉛代替物/金属		
		鉛代替物/樹脂		
		鉛代替物/その他		
			その他	
	摩擦	充填材		
		被覆・添付材		
		その他		
	流体	ピストン・シリンダ形式/直動		
		ピストン・シリンダ形式/回転		
		オイルフィルム形式/並進		
		オイルフィルム形式/回転		
		オイル		
		ER流体		
		MR流体		
気体				
		その他		
磁力	永久磁石			
	電磁石			
粘弾性(ゴム等)	粘弾性単体			
	制振板/粘弾性体+金属			
	制振板/粘弾性体+樹脂			
	制振塗料			
	制振材の貼り付け/制振材のみ			
	制振材の貼り付け/制振材+拘束板			
付加質量	構造	せん断抵抗材		
		動吸振器		
		衝突力を利用		
		質量体の強制作動		
			その他	
材質	金属			
	流体			
	その他			
ばね	金属			
	流体(空気を含む)			
	磁気(磁気浮上を含む)			
	ゴム			
		その他		
その他	その他			
	不特定			
G 組み合わせ(EとF)	無し			
	有り			

表1 技術区分 (3/4)

大区分	中区分	小区分
H 性能	剛性	可変
		低ばね化
		負の剛性
		その他
	減衰特性	可変
		高減衰
	軸力	高軸力
		軸力変動
		引き抜き力(浮き上がり)
	変位	変位の増幅
		直線運動の回転運動への変換
		過大变位の防止
	力学特性	振動数特性
		温度特性
圧力特性		
速度特性		
ひずみ・せん断特性		
繰返し特性		
変位		
その他	その他	
I 課題	施工性	レトロフィット
		設置の容易化・簡略化
		運搬
		取付方法
	メンテナンス性	定期点検
		臨時点検(地震直後)
		復旧・補修性
	耐久性・寿命	耐火性能
		耐候性(経年劣化)
		冷却
	軽量化	寿命
		軽量化
	小型化	高さ
		ストローク
		クリアランス
		スペース
	大型化	大型化
	コスト	コスト
	量産化	量産化
	高性能・高機能	高性能・高機能
	応答性向上	応答性向上
居住性	居住性	
外部信号の利用	外部信号の利用	
フェイルセーフ	フェイルセーフ	
トリガ	トリガ	
復元機構	復元機構	
省エネルギー	省エネルギー	
環境	環境	
その他	その他	

表1 技術区分 (4/4)

大区分	中区分		小区分		
J用途	構造物	不特定	不特定		
		建築	構造	不特定	
				高層/不特定	
				高層/S造	
				高層/RC造(SRC造を含む)	
				高層/その他	
				低層/不特定	
				低層/木造	
				低層/S造	
				低層/RC造	
				低層/その他	
		用途	高層マンション・オフィスビル		
			低層・戸建て住宅		
			公共建築物		
			工場		
			原子力・発電(建屋)		
			塔・タワー・煙突		
			その他		
			土木構造物	不特定	
	橋梁				
	地下構造物(トンネル、地下貯蔵設備等)				
	鉄道施設(軌道設備)				
	港湾施設(防波堤・水門・棧橋・係留施設等)				
	その他				
	機械設備			不特定	
				工作機械/半導体製造装置	
				工作機械/その他	
				精密機器/サーバー	
				精密機器/計測機器	
				精密機器/その他	
				医療機器	
				原子力・発電(原子力容器・格納容器)	
				タンク・容器	
				配管・配線支持物	
				家具	
				貯蔵設備	
				展示台・陳列棚	
				その他	
		ライフライン			不特定
					ガス
			上下水		
			給配電		
			通信基地局・情報インフラ		
			その他		
その他			不特定		
			船舶		
			建設機械(クレーン等)		
			宇宙構造物		
			その他		
K 支持・取付位置/設置位置	振動絶縁	支持・取付け位置	下方からの支持・取付け		
			上下位置からの支持・取付け		
			側部位置からの支持・取付け		
			周囲から包囲する支持・取付け		
			吊り下げることによる支持・取付け		
	建築における設置位置			基礎・杭頭	
				床	
				柱	
				部材間	
				その他	
	制振	建築における設置位置			基礎・杭頭
					床
					壁
					柱
					部材間
					梁
					ブレース
					天井
					屋上・屋根
		構造物間			
		その他			

第2章 特許出願・登録動向

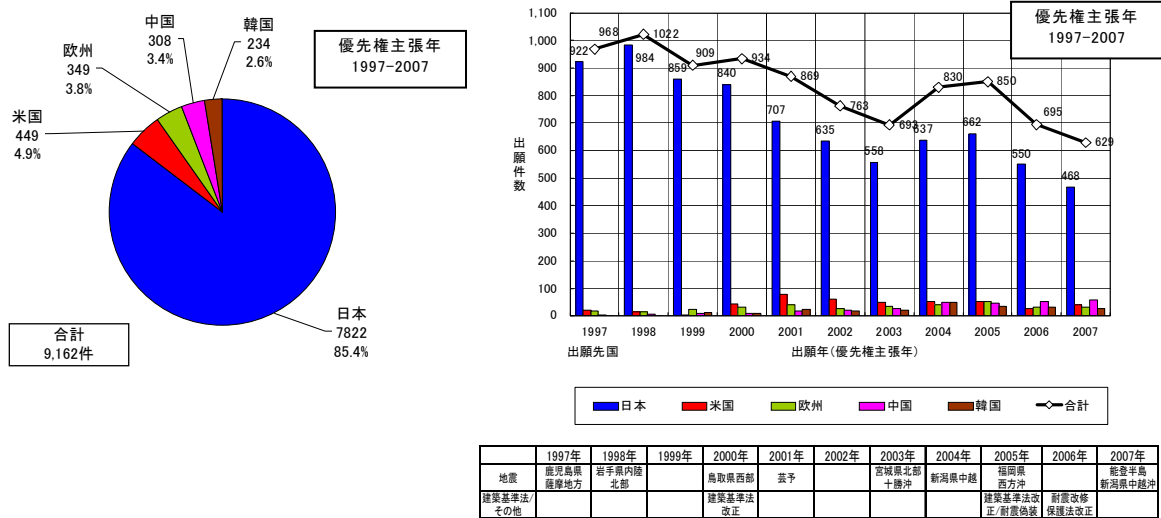
第1節 日米欧中韓への出願・登録状況

1. 全体動向調査

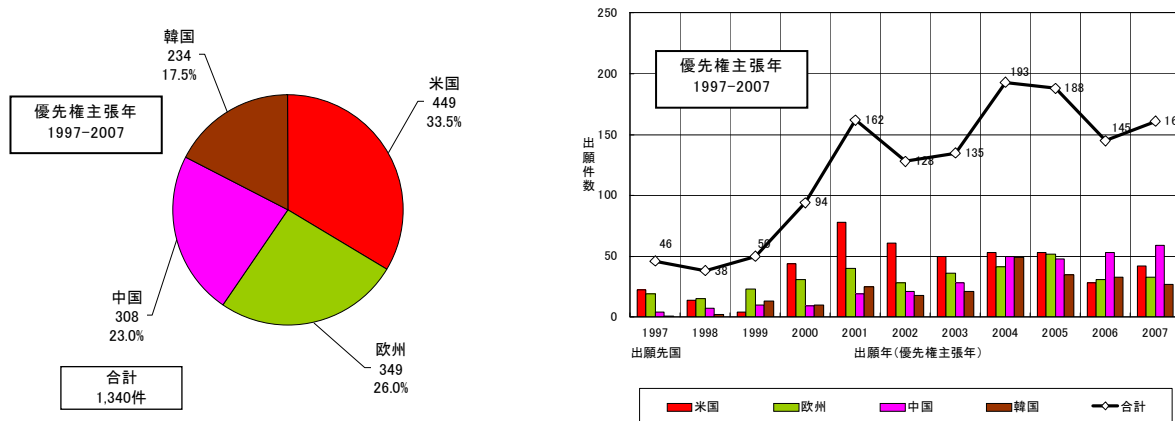
(1) 出願先国別出願件数推移

調査期間における「多用途免振・制振・除振システム」の出願状況を出願先国別に公報単位での合計件数で解析を行った。出願先を日米欧中韓とした特許出願件数推移を図 2 に示す。出願先を日米欧中韓とした公報単位の合計出願件数推移は、1997 年から 2003 年まで減少傾向であり、その後増加傾向となったが、2005 年以降再び減少傾向となった。しかし日本を除く 4 カ国への出願状況に着目すると、1998 年から 2001 年までは増加傾向となり、その後、増加と減少が繰り返す傾向である。出願先として、出願件数は日本が他国への出願件数に比べ多く、米国、欧州の順になっている。米国では 2001 年をピークに減少傾向にあるものの、中国への出願件数は特に増加している。なお、優先権主張年が 2006 年以降のデータはデータベースの収録が遅れている可能性がある点で注意を要する。

図 2 出願先国別出願件数推移（日米欧中韓への出願（優先権主張年：1997-2007 年））



<日本を含む 5 カ国への出願データ>



<日本を除く 4 カ国への出願データ>

(2) 出願人国籍別出願件数推移

調査期間における「多用途免振・制振・除振システム」の出願人国籍別の出願状況を日米欧中韓への出願の公報単位での合計数で解析を行った。優先権主張年 1997 年～2007 年で、9,162 件の特許出願が行われている。出願人国籍別の出願件数を表 2 に示す。

表 2 出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年：1997-2007 年））

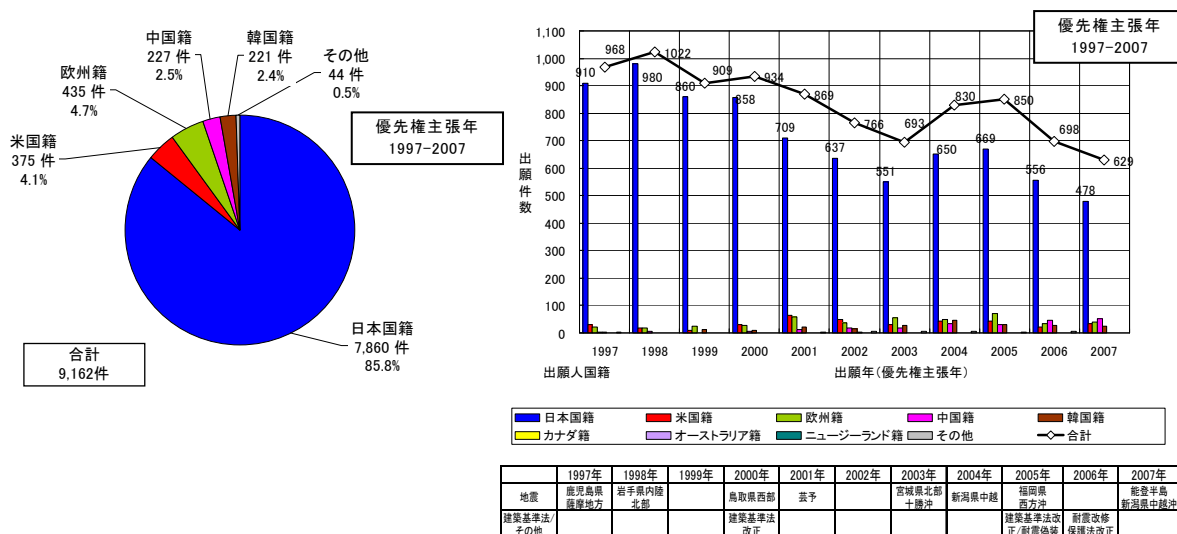
出願人国籍	国・地域	出願件数
日本	日本	7,860
米国	米国	375
ドイツ	欧州	240
韓国	韓国	221
中国	中国	227
フランス	欧州	49
イギリス	欧州	36
台湾	その他	25
イタリア	欧州	17
オランダ	欧州	15
スウェーデン	欧州	11
フィンランド	欧州	11
ニュージーランド	その他	5
オーストリア	その他	6
スイス	欧州	6

出願人国籍	国・地域	出願件数
デンマーク	欧州	5
スペイン	欧州	4
カナダ	欧州	3
アイルランド	欧州	2
オーストラリア	欧州	2
イスラエル	その他	2
インド	その他	2
旧ユーゴスラビア	欧州	1
ギリシャ	欧州	1
シンガポール	欧州	1
チェコ	欧州	1
ベルギー	欧州	1
ポルトガル	欧州	1
欧州	欧州	29
不明	その他	3
合計		9,162

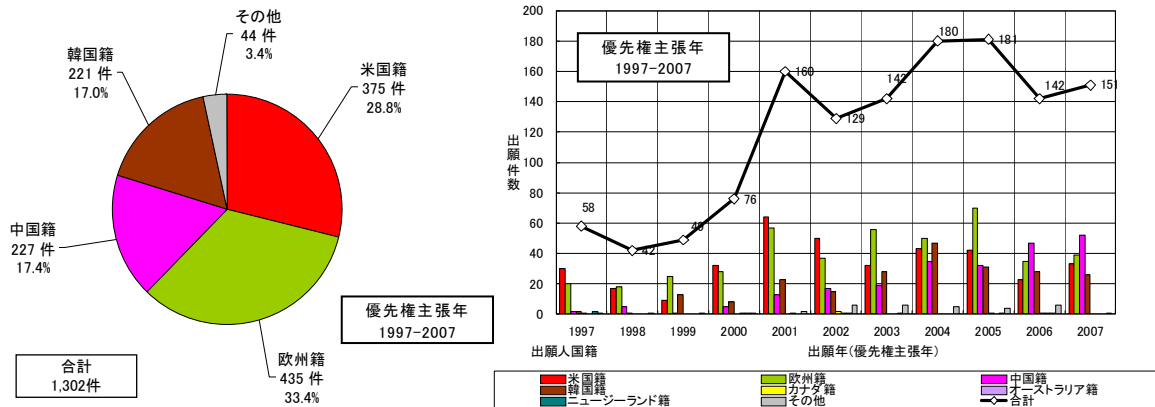
(注) 表中の出願人国籍「欧州」は、欧州の国籍が特定できなかったもの。

出願先を日米欧中韓とした公報単位の特許出願件数推移を出願人国籍別で図 3 に示す。出願先を日米欧中韓とした出願人国籍別の出願件数は、日本国籍の出願人の出願件数が他の国籍の出願人の出願件数と比較して多い。合計出願件数推移は、1998 年から減少しており、2004 年から 2005 年にいったん増加しているが、再度減少傾向にある。しかし日本を除く他の国籍の出願人は増加傾向にある。

図 3 出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願（優先権主張年：1997-2007 年））



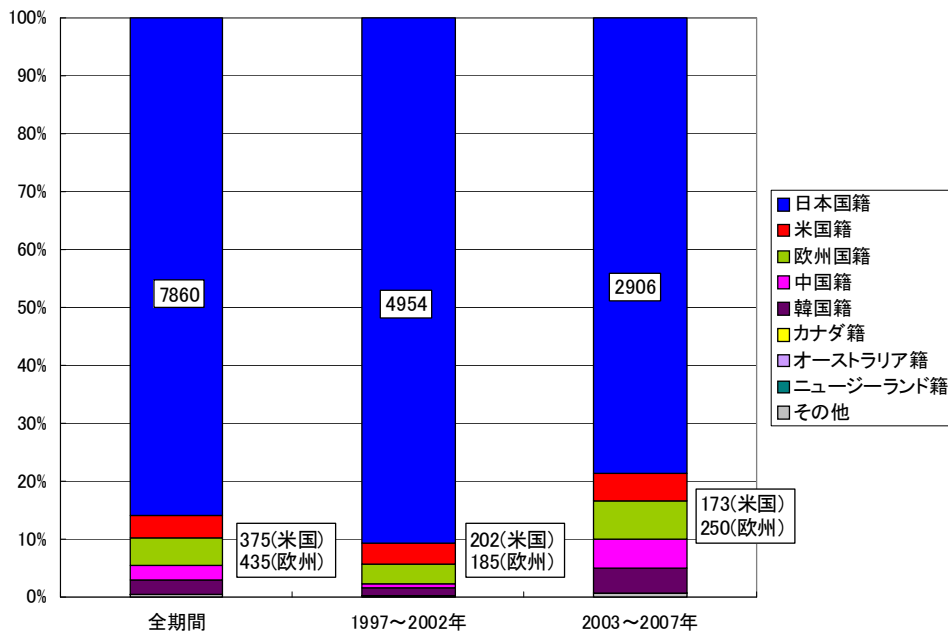
<日本を含む 8 カ国 + その他で作図>

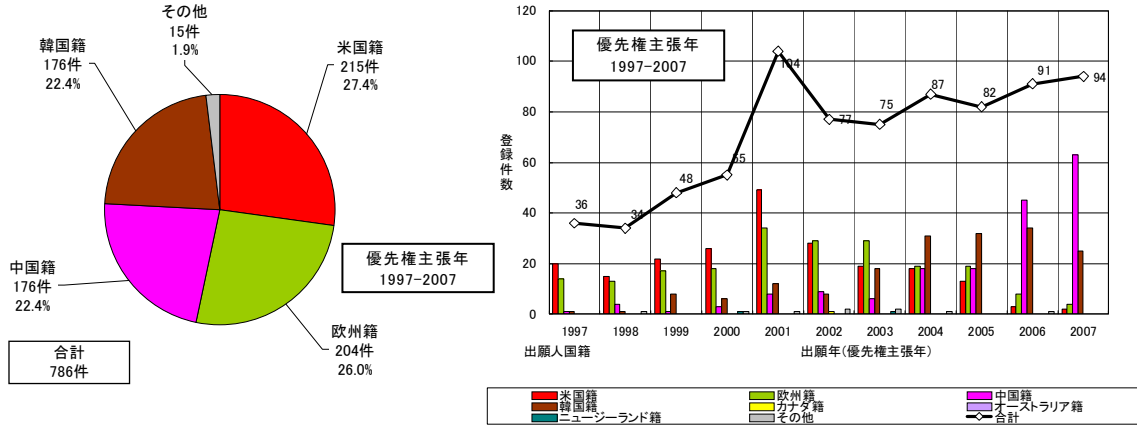


<日本を除く7カ国+その他で作図>

出願人国籍別出願件数シェアを全期間(1997年から2007年)、前半(1997年から2002年)、後半(2003年から2007年)で比較して図4に示す。日本国籍の出願件数は図4に示すように減少傾向にあるが、出願件数シェアで見ると前半と比較して後半が減少している。前半に対して後半は日本国籍以外の出願人による出願件数が増加している。

図4 出願人国籍別出願件数シェア (日米欧中韓への出願 (優先権主張年: 1997-2007年))

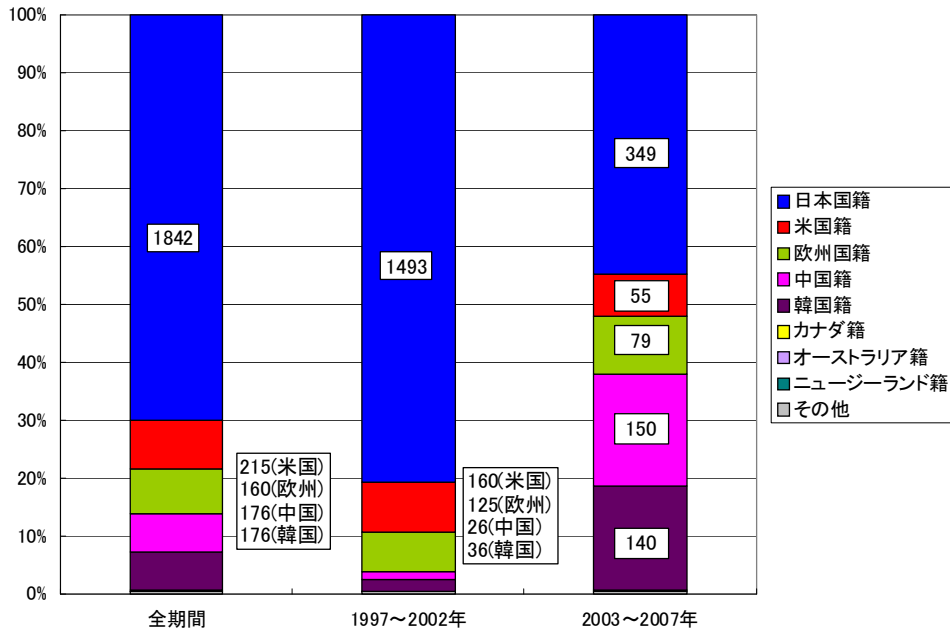




＜日本を除く7カ国+その他で作図＞

出願人国籍別登録件数シェアを全期間(1997年から2007年)、前半(1997年から2002年)、後半(2003年から2007年)で比較して図7に示す。1997年から2002年には日本国籍の出願人の登録件数が多く、出願傾向と同様であったが、2003年から2007年にかけては、中国籍、韓国籍の登録件数が増加している。

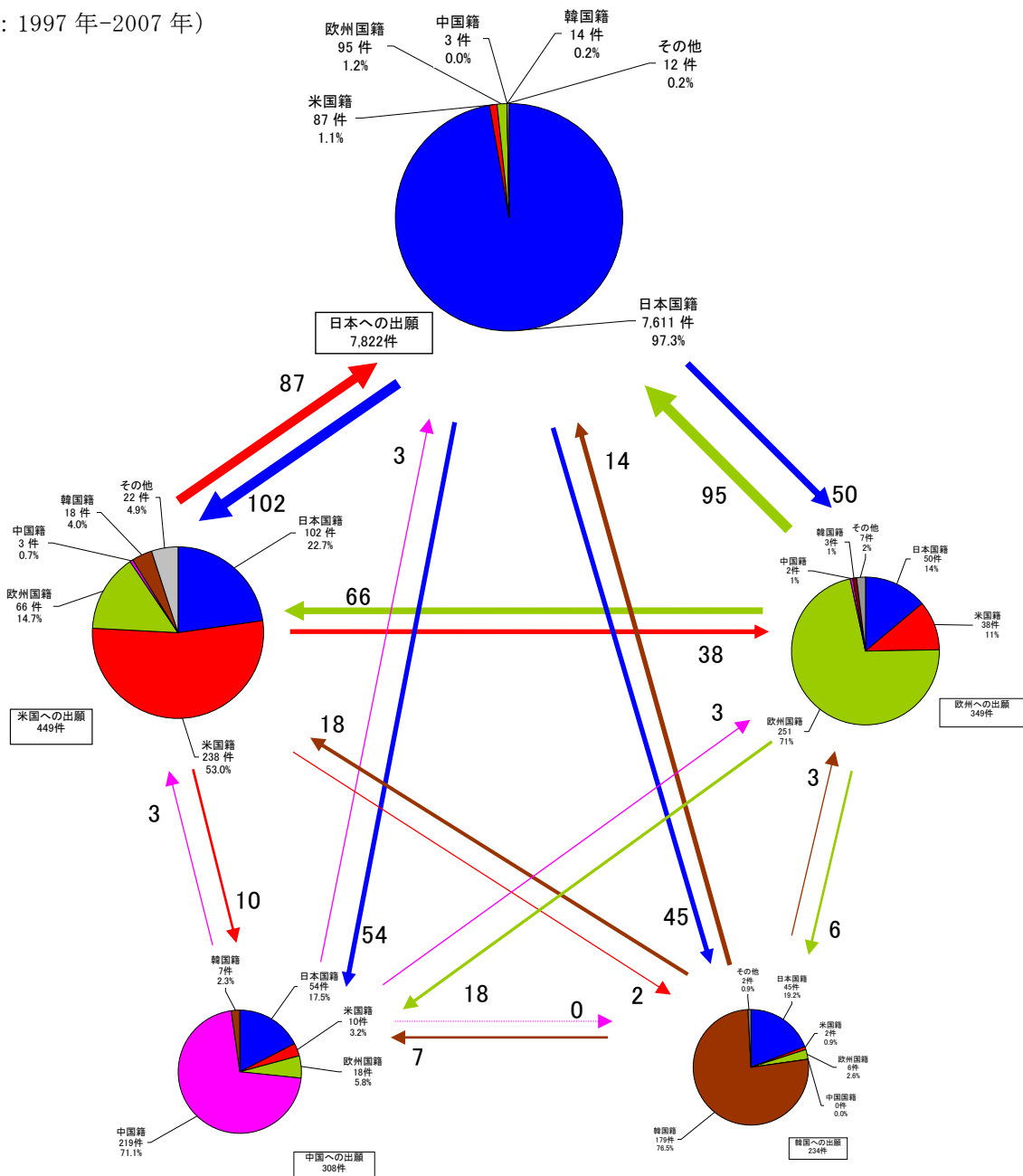
図7 出願人国籍別登録件数シェア (日米欧中韓への出願 (優先権主張年: 1997-2007年))



(5) 出願先国別—出願人国籍別出願件数収支

日米欧中韓への出願の出願先国別—出願人国籍別の出願件数収支を図8に示す。円の大きさ、線の太さは件数に応じて表示してある。また線の色は出願人の国籍を示している。全体として日本国籍出願人の出願件数が大多数であるが、日本国籍出願人による日本への出願件数に対する海外への出願件数は少なくその割合は3%程度であり、本分野での日本から海外への出願は積極的に行われていないものと考えられる。また、逆に米国籍出願人、欧州国籍出願人による自国への出願件数に対する日本への出願件数の割合は20%程度であり、件数は少ないものの日本へ積極的に出願していることが窺える。

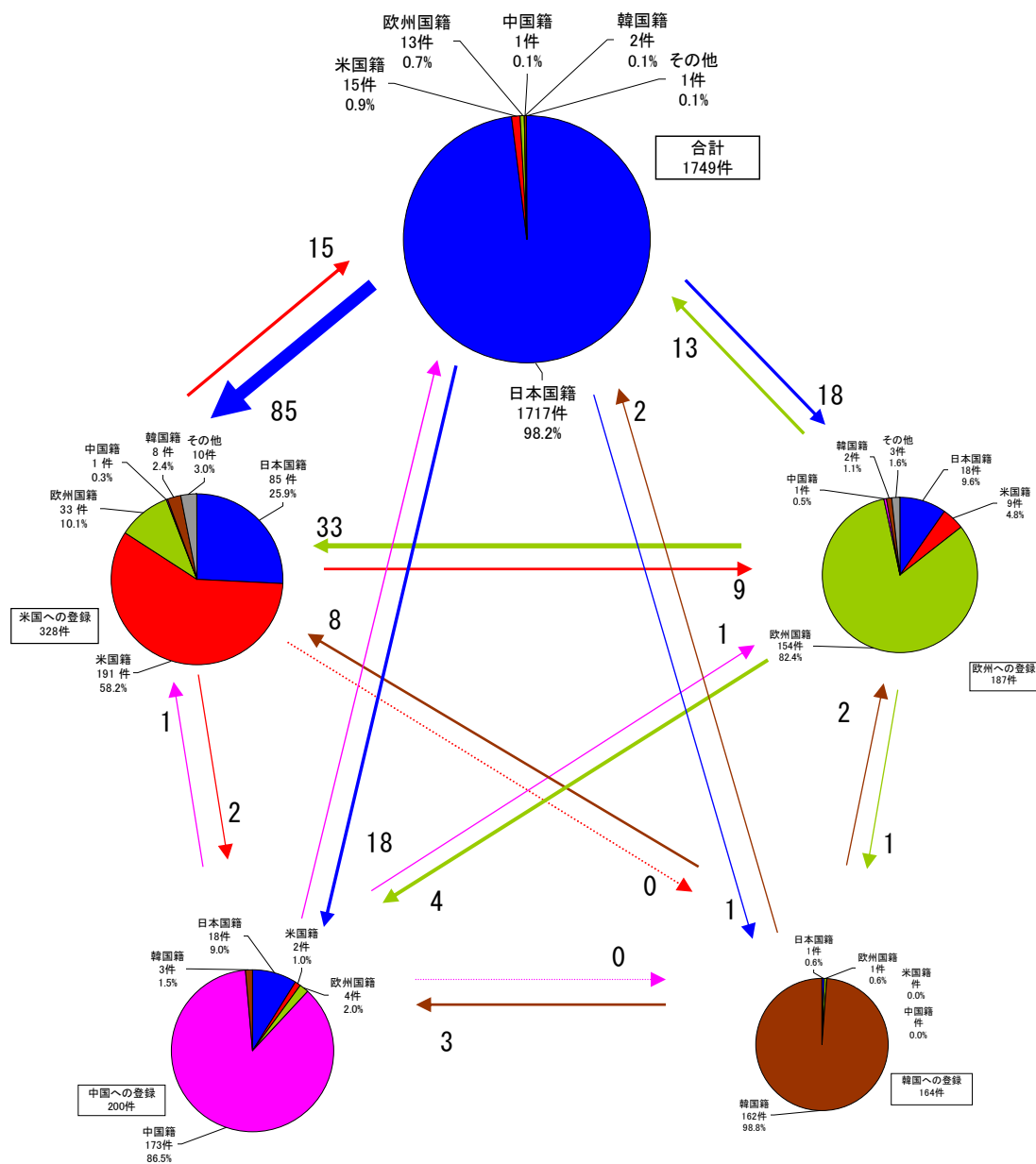
図8 出願先国別—出願人国籍別の出願件数収支（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1997年-2007年）



(6) 出願先国別一出願人国籍別登録件数収支

日米欧中韓への出願の出願先国別一出願人国籍別の登録件数収支を図9に示す。出願件数の傾向と同様に、日本国籍出願人の登録件数が大多数である。登録件数の収支では、日本国籍人による米国への登録件数が多い。出願件数が102件のうち85件が登録されており、選別された出願が行われていることが窺える。また、米国、欧州国籍人による日本への出願件数は、本国への出願件数に対してその割合は高いが、登録に至っているものは、そのうち20%程度であり、日本ほど選別された出願が行われていないと思われる。

図9 出願先国別一出願人国籍別の登録件数収支（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1997年-2007年）

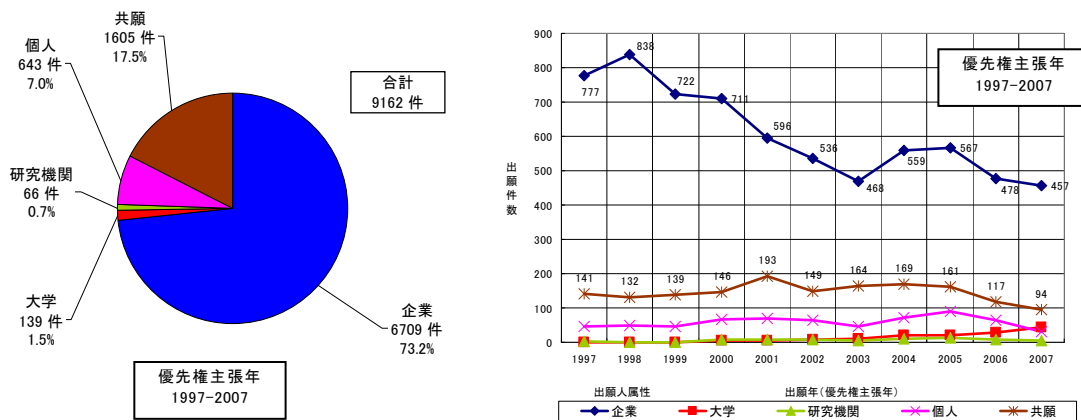


(7) 出願人属性別出願件数の推移

日米欧中韓への出願の出願人属性別の出願件数の推移を示す(図10)。出願人の属性は「企業」、「大学」、大学以外の研究機関(「研究機関」と表記)、「個人」、これらの共同出願(図では「共願」と表示)とした。

出願人の属性では、企業単独が約73%と最も多く、次いで共同出願17.5%、個人7%、大学1.5%、研究機関0.7%であった。共同出願の内訳では「企業-企業」が最も多く、「企業-個人」がそれに次いでいる。

図10 出願人属性別出願件数推移および比率(日米欧中韓への出願)

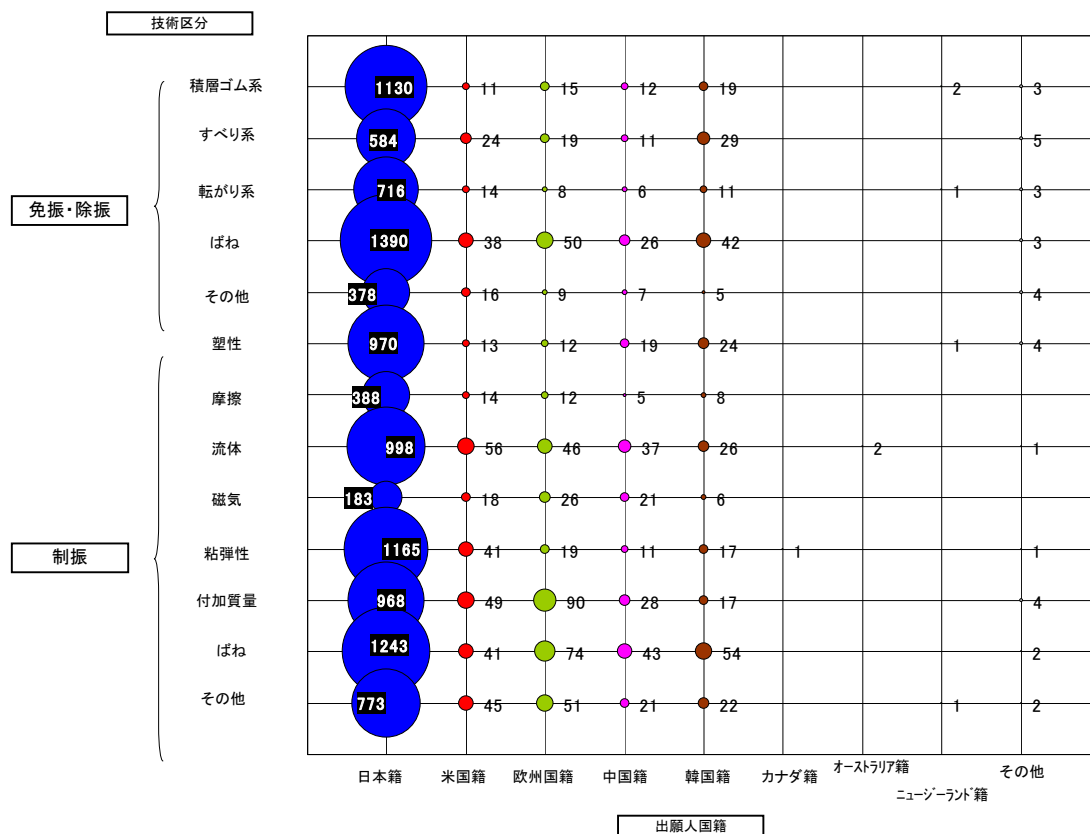


共同出願詳細	出願件数	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
企-企	869	91	87	110	92	78	78	69	80	74	67	43
企-大	65	0	3	2	1	4	1	6	8	23	8	9
企-研	50	5	10	4	5	5	5	5	1	1	4	5
企-個	455	40	28	15	36	72	47	68	56	45	22	26
大-大	9	0	0	0	0	0	0	1	2	2	4	0
大-研	6	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0
大-個	17	0	0	0	2	5	1	4	0	3	1	1
研-研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研-個	3	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
個-個	126	5	4	8	10	26	16	8	19	11	10	9
企-研-個	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
企-大-研	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
企-大-個	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
企-大-研-個	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1,605	141	132	139	146	193	149	164	169	161	117	94

2. 技術区分別動向

日米欧中韓への出願の技術区分別一出願人国籍別出願件数を図 11 に示す。免振・除振技術では、「積層ゴム」、「ばね」、制振技術では「塑性」、「流体」、「粘弾性」、「付加質量」、「ばね」等の技術分野に属する出願が多い。免振・除振技術、制振技術の各技術とも日本国籍出願人による出願が目立って多い。

図 11 技術区分別一出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年：1997-2007 年））



3. 注目研究テーマの動向調査

注目研究テーマとして、アクティブ制振技術、3次元免震技術、機械設備での免振・除振・制振技術および低コスト技術に係る出願の出願人国籍別出願件数を表 4 に示す。

アクティブ制振技術では日本国籍出願人による出願件数が最も多く約 80% を占め、次いで米国、ドイツ、中国国籍人による出願が多い。

3次元免震技術では、日本国籍出願人による出願件数が最も多く約 88% を占め、次いで中国、米国、韓国国籍人による出願が多い。

機械設備での免振・除振・制振技術では、日本国籍出願人による出願件数が最も多く約 79% を占め、次いで米国、ドイツ、韓国、中国国籍人による出願が多い。

低コスト技術では、日本国籍出願人による出願件数が最も多く約 93% を占め、次いで米国、中国、ドイツ、韓国国籍人による出願が多い。

これら 4 つの注目技術において、日本国籍出願人による出願件数が圧倒的に多い。

表 4 注目研究テーマー出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年：1997-2007年））

①アクティブ制振

出願人国籍	国・地域	出願件数
日本	日本	896
米国	米国	87
ドイツ	欧州	55
中国	中国	24
イギリス	欧州	12
韓国	韓国	12
オランダ	欧州	10
欧州（その他）	欧州	9
フランス	欧州	4
フィンランド	欧州	2
イタリア	欧州	2
チェコ	欧州	1
オーストラリア	その他	1
その他	その他	1
インド	その他	1
カナダ	その他	1
不明	その他	1
	合計	1,122

②3次元免震

出願人国籍	国・地域	出願件数
日本	日本	553
中国	中国	24
米国	米国	18
韓国	韓国	16
ドイツ	欧州	9
イタリア	欧州	2
台湾	その他	2
欧州（その他）	欧州	1
スウェーデン	欧州	1
カナダ	その他	1
オーストリア	欧州	1
スイス	欧州	1
スペイン	欧州	1
ギリシア	欧州	1
	合計	631

③機械設備の免振・除振・制振技術

出願人国籍	国・地域	出願件数
日本	日本	1,978
米国	米国	194
ドイツ	欧州	120
韓国	韓国	65
中国	中国	59
イギリス	欧州	19
欧州（その他）	欧州	15
台湾	その他	15
オランダ	欧州	10
イタリア	欧州	9
フィンランド	欧州	9
スウェーデン	欧州	8
フランス	欧州	8
オーストリア	欧州	3
スペイン	欧州	3
カナダ	その他	2
スイス	欧州	2
デンマーク	欧州	2
チェコ	欧州	1
オーストラリア	その他	1
イスラエル	その他	1
不明	その他	2
	合計	

④低コスト技術

出願人国籍	国・地域	出願件数
日本	日本	2,134
米国	米国	53
ドイツ	欧州	27
中国	中国	27
韓国	韓国	25
台湾	その他	5
フランス	欧州	5
イギリス	欧州	3
イタリア	欧州	3
デンマーク	欧州	2
オランダ	欧州	1
オーストリア	欧州	1
スペイン	欧州	1
カナダ	その他	1
スイス	欧州	1
オーストラリア	その他	1
イスラエル	その他	1
ポルトガル	欧州	1
ニュージーランド	その他	1

4. 出願人別動向調査

(1) 出願人別出願件数ランキング（日米欧中韓への出願-全体）

日米欧中韓への出願件数が20件以上の出願人（76位まで、78社・機関）のランキングを表5に示す。海外企業4社以外は日本の企業である。企業については、買収あるいは合併した企業の出願を合計して集計した。

表5 出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、全体、出願年（優先権主張年：1997-2007年）

順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数
1	清水建設（日本）	455	40	住友金属工業（日本）	38
2	竹中工務店（日本）	312	41	LG ELECTRONICS INC（韓国）	36
3	大林組（日本）	252	41	戸田建設（日本）	36
4	三菱重工業（日本）	213	43	間組（日本）	35
5	ブリヂストン（日本）	208	44	三菱製鋼（日本）	34
6	積水化学工業（日本）	202	44	三菱電機（日本）	34
7	東海ゴム工業（日本）	192	46	住友金属鉱山（日本）	33
8	キャノン（日本）	190	47	ソニー（日本）	31
9	大成建設（日本）	189	48	NTN（日本）	30
10	オイレス工業（日本）	187	48	STIHL & CO AG ANDREAS（欧州）	30
11	鹿島建設（日本）	161	50	THK（日本）	29
12	大和ハウス工業（日本）	132	50	構造計画研究所（日本）	29
13	ニコン（日本）	122	50	鉄道総合技術研究所（日本）	29
14	東洋ゴム工業（日本）	112	53	ニッタ（日本）	28
15	住友ゴム工業（日本）	96	53	旭化成ホームズ（日本）	28
15	積水ハウス（日本）	96	55	ダイナミックデザイン（日本）	27
17	カヤバ工業（日本）	89	55	松下電工（日本）	27
18	横浜ゴム（日本）	87	55	西松建設（日本）	27
19	新日本製鐵（日本）	83	58	I 2 S 2（日本）	26
20	I H I（日本）	81	58	シーシーアイ（日本）	26
20	フジタ（日本）	81	58	フジクラ（日本）	26
22	バンドー化学（日本）	77	58	日本ピラー工業（日本）	26
23	特許機器（日本）	76	58	飛島建設（日本）	26
24	J F E スチール（日本）	73	63	松下電器産業（日本）	25
25	昭和電線電纜（日本）	70	64	パナホーム（日本）	24
26	神戸製鋼所（日本）	69	64	宮崎光生（日本）	24
27	三井住友建設（日本）	62	66	トヨタ自動車（日本）	23
28	日立製作所（日本）	61	66	荏原製作所（日本）	23
29	川口金属工業（日本）	56	68	住友重機械工業（日本）	22
30	熊谷組（日本）	55	68	不二越（日本）	22
30	日立機材（日本）	55	70	NOK（日本）	21
32	東芝（日本）	54	70	TSAI C（台湾）	21
33	奥村組（日本）	53	70	エーエス（日本）	21
34	トキコ（日本）	52	70	岡部（日本）	21
35	石丸辰治（日本）	50	70	東日本旅客鉄道（日本）	21
36	倉敷化工（日本）	48	70	富士通（日本）	21
37	ポリマテック（日本）	42	76	SIEMENS AG（欧州）	20
38	藤倉ゴム工業（日本）	41	76	ヤマウチ（日本）	20
39	ミサワホーム（日本）	39	76	川崎重工業（日本）	20

第2部 研究開発動向

1. 全体動向調査

(1) 研究者所属機関国籍別論文発行件数とその推移

1997年～2008年（発行年ベース）に世界で発行された「多用途免振・制振・除振システム」に関する論文のうち6,310件の抄録を読み込み、調査対象とした技術範囲に含まれない文献を除去した結果、3,800件が解析の対象となった。この3,800件の論文の研究者（筆頭著者）所属機関国籍別の論文発行件数を表6に示す。論文発行件数は日本籍の研究者所属機関が2,426件で、特許出願件数と同様に、他の国の発行を大きく引き離している。

表6 研究者所属機関国籍別論文発行件数（全体、発行年：1997年～2008年）

研究者所属機関国籍	国・地域	発行件数	研究者所属機関国籍	国・地域	発行件数
日本	日本	2,426	ロシア	その他	5
米国	米国	461	エジプト	その他	4
台湾	その他	96	アイルランド	欧州	4
中国	中国	90	オランダ	欧州	4
韓国	韓国	87	ポルトガル	欧州	4
イタリア	欧州	75	アルゼンチン	その他	3
インド	その他	72	バングラデシュ	その他	3
不明	その他	48	コロンビア	その他	3
イギリス	欧州	43	ハンガリー	欧州	3
カナダ	カナダ	31	ルーマニア	欧州	3
オーストラリア	豪州	29	サウジアラビア	その他	3
ドイツ	欧州	25	ブルガリア	欧州	2
香港	その他	24	キプロス	欧州	2
トルコ	欧州	23	アイスランド	欧州	2
フランス	欧州	22	ヨルダン	その他	2
スペイン	欧州	19	ラトヴィア	欧州	2
チリ	その他	17	パナマ	その他	2
イスラエル	その他	14	ウクライナ	その他	2
イラン・イスラム	その他	14	ユーゴスラヴィア	その他	2
メキシコ	その他	14	チェコ	欧州	2
ニュージーランド	その他	14	クウェイト国	その他	1
ギリシャ	欧州	12	リトアニア	欧州	1
シンガポール	その他	12	マレーシア	その他	1
ポーランド	欧州	11	ニカラグア	その他	1
スウェーデン	欧州	11	ノルウェー	欧州	1
オーストリア	欧州	8	パキスタン	その他	1
スイス	欧州	8	スロヴェニア	欧州	1
ベルギー	欧州	7	シリア	その他	1
ブラジル	その他	7	ベネズエラ	その他	1
タイ	その他	7	南アフリカ	その他	1
デンマーク	欧州	6	合計		3,800

1997年～2008年（発行年ベース）に世界で発行された「多用途免振・制振・除振システム」における調査対象とした技術範囲の文献3,800件のうち、国際重要誌である6誌、537文献を対象とした解析を実施した。この537件の論文の研究者（筆頭著者）所属機関国籍別の論文発行件数を表7に示す。論文発行件数は米国籍の研究者所属機関が202件で最も多く、次いで日本国籍の研究者所属機関が50件、台湾国籍の研究者所属機関が42件の順であり、調査範囲全体と傾向が異なる。

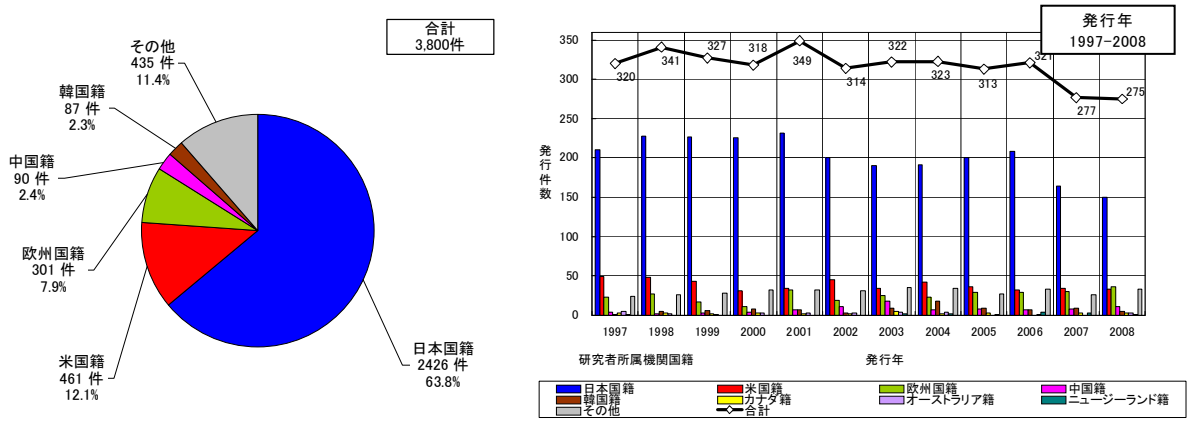
表7 研究者所属機関国籍別論文発行件数（国際重要誌、発行年：1997年～2008年）

研究者所属機関国籍	国・地域	発行件数	研究者所属機関国籍	国・地域	発行件数
米国	米国	202	デンマーク	欧州	3
日本	日本	50	スペイン	欧州	3
台湾	その他	42	オーストリア	欧州	2
中国	中国	38	ヨルダン	その他	2
イタリア	欧州	25	メキシコ	その他	2
インド	その他	24	ニュージーランド	その他	2
韓国	韓国	19	ポーランド	欧州	2
カナダ	カナダ	15	ウクライナ	その他	2
イギリス	欧州	14	バングラデシュ	その他	1
香港	その他	13	オーストリア	欧州	2
チリ	その他	10	ベルギー	欧州	1
オーストラリア	その他	9	スイス	欧州	1
トルコ	欧州	8	キプロス	欧州	1
ドイツ	欧州	5	エジプト	その他	1
フランス	欧州	5	アイルランド	欧州	1
イラン	その他	5	リトアニア	欧州	1
シンガポール	その他	5	パキスタン	その他	1
ギリシャ	欧州	4	ロシア	その他	1
イスラエル	その他	4	スウェーデン	欧州	1
タイ	その他	4	南アフリカ共和国	その他	1
ブラジル	その他	3	不明	その他	4
			合計		537

図12に研究者所属機関国籍別論文発行件数推移を示す。

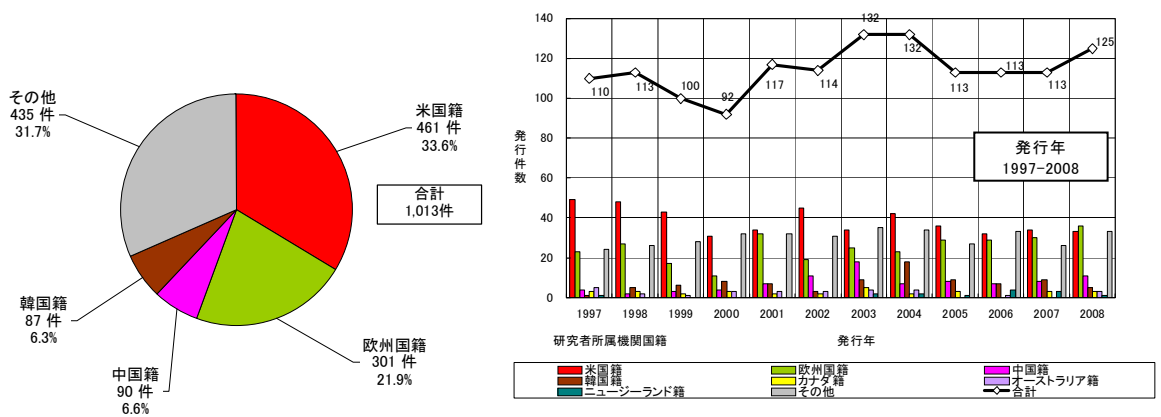
論文の発行件数が多い日本国籍の研究者所属機関が全体の約64%のシェアを占め、発行件数が他国に比べ多い。また、日本国籍の研究者所属機関による論文発行件数の推移は1997年から2008年の間では200件前後で大きな変動は少ないが、2007年、2008年と減少傾向にある。米国籍の研究者所属機関においても発行件数は40件前後で大きな変動はないものの、やや減少傾向にある。これに対して欧州国籍の研究者所属機関では毎年20～30件の発行と多くないものの、2002年に減少後、これ以降は増加傾向にある。中国籍の研究者所属機関は2003年をピークにその後減少したものの、近年では増加傾向にある。韓国籍の研究者所属機関は、近年減少傾向にある。

図 12 研究者所属機関国籍別論文発行件数推移（全体、発行年：1997年～2008年）



	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
地域	鹿児島県 薩摩地方	岩手県内陸 北部		鳥取県西部	茨城		宮城県北部 十勝沖	新潟県中越	福岡県 西方			鹿児島半島 新潟県中越沖
建築基準法/その他				建築基準法 改正					貯蔵基準法 改正/貯蔵施設	貯蔵改修 促進法改正		

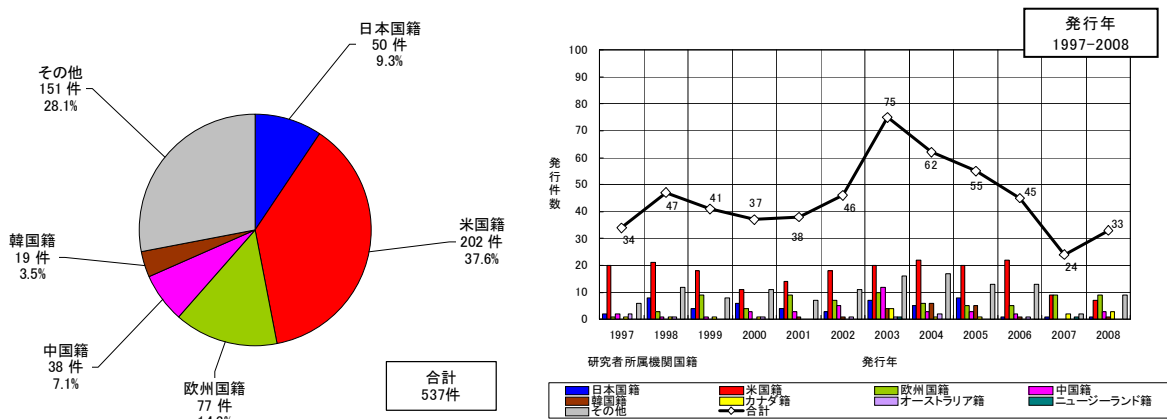
<日本を含む8カ国+その他で作図>



<日本を除く7カ国+その他で作図>

図 13 に国際重要誌を対象とした研究者所属機関国籍別論文発行件数推移を示す。国際重要誌への論文の発行件数が多い米国籍の研究者所属機関は、全体の約 38%のシェアを占め 202 件であり、次いで欧州国籍が 77 件で約 14%、日本国籍が 50 件で約 9%の順である。国際重要誌への本分野での発行数は 2003 年にピークとなるが、その後減少傾向である。論文発行全体では日本国籍の研究者所属機関のシェアは 65%と最も高いが、国際重要誌に限ると約 9%と低い。この傾向により、日本において本分野の研究開発・技術開発が国内市場向けに行われていることが推測される。

図 13 研究者所属機関国籍別論文発行件数推移（国際重要誌、発行年：1997年～2008年）



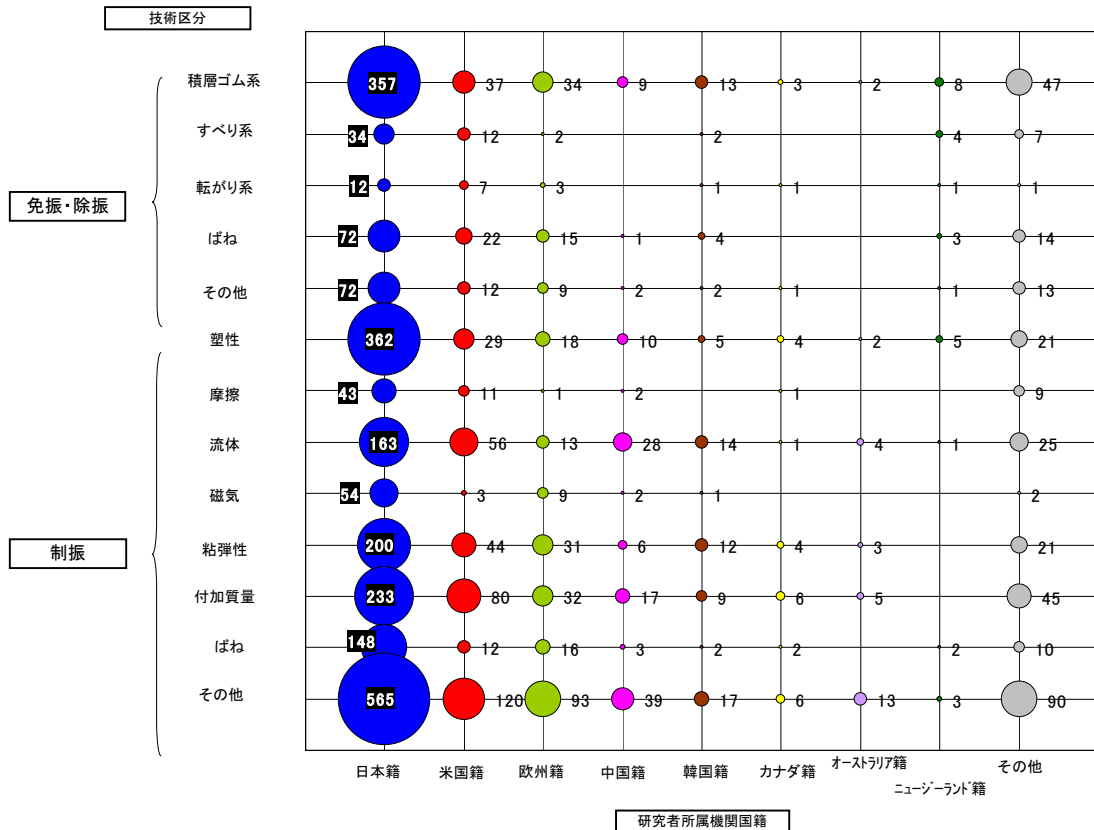
1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
鹿児島県 薩摩地方	岩手県内陸 北部		鳥取県西部	茨城		宮城県北部 十勝沖	新潟県中越	福岡県 西方沖		船倉半島 新潟県中越沖
建築基準法/ その他			建築基準法 改正					建築基準法改 正/耐震偽装	耐震改修 促進法改正	

2. 技術区分別動向

図 14 に技術区分別—研究者所属機関国籍別の論文発表件数を示す。

全体的に国籍によらず免振・除振技術では「積層ゴム」の技術区分に属する論文発表件数が多い。制振技術では「塑性」、「付加質量」の技術区分に属する論文発表件数が多い。日本国籍人による論文発表件数は殆ど全ての技術において多い。

図 14 技術区分別—研究者所属機関国籍別論文件数

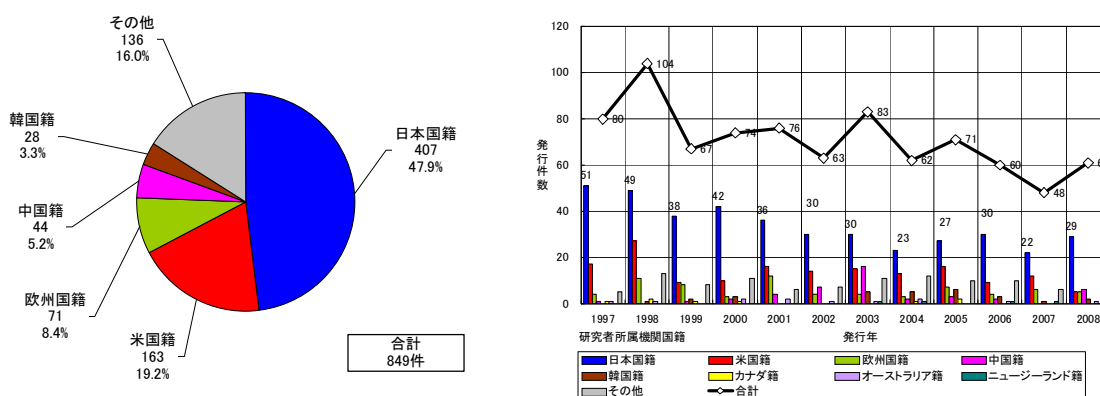


3. 注目研究テーマの動向調査

① アクティブ制振に係る論文

「アクティブ制振」に係る論文について研究者所属機関国籍別論文発行件数推移を図 15 に示す。全論文数の中で日本国籍による発表件数の占める割合は約 64%程度であったが、アクティブ制振では、50%未満であり、他の技術に比べ相対的にシェアが高いテーマではないことが窺える。米国、欧州では全体の割合に比べ、アクティブ制振の割合が高いことから、「多用途免振・制振・除振」の中では比較的注目されたテーマであるといえる。

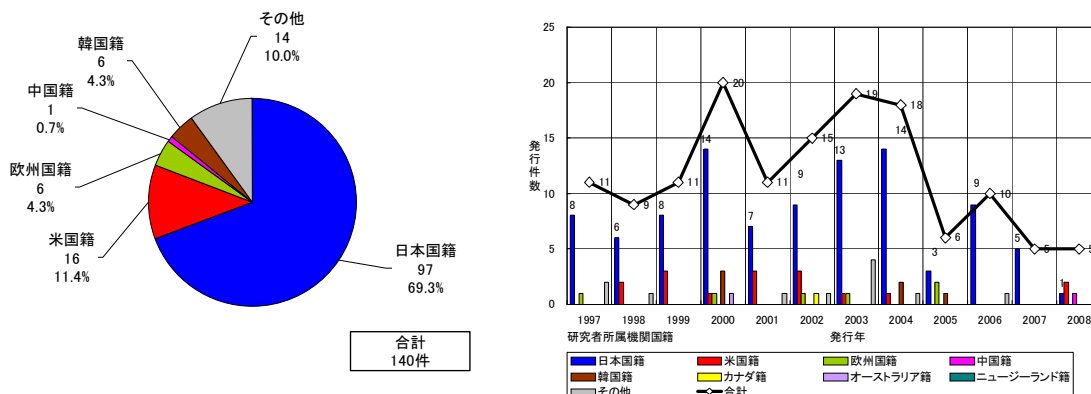
図 15 注目研究テーマの研究者所属機関国籍別発行件数推移（全体、アクティブ制振）



② 3次元免震に係る論文

「3次元免震」に係る論文について研究者所属機関国籍別論文発行件数推移を図 16 に示す。アクティブ制振に比べ件数は少ない傾向にある。この分野に関しては、2005年以降減少傾向にあるテーマであることが確認される。また、韓国のシェアは全体動向に比べ大きく、韓国において注目されているテーマであることが考えられる。

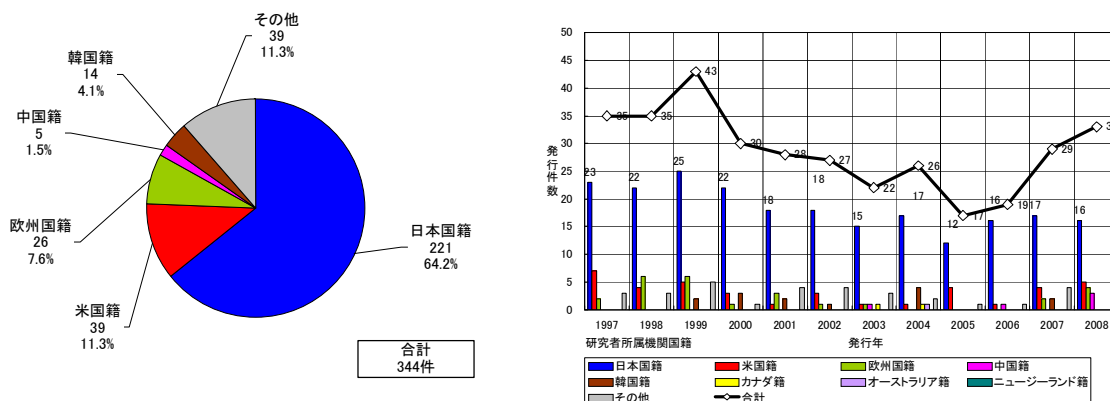
図 16 注目研究テーマの研究者所属機関国籍別発行件数推移（全体、3次元免震）



③機械設備での免震・除振・制振技術に係る論文

「機械設備での免震・除振・制振技術」に係る論文について研究者所属機関国籍別論文発行件数推移を図 17 に示す。本テーマにおいては、1999 年から 2005 年にかけて減少傾向にあるテーマであったが、2005 年以降各国で増加傾向にある。

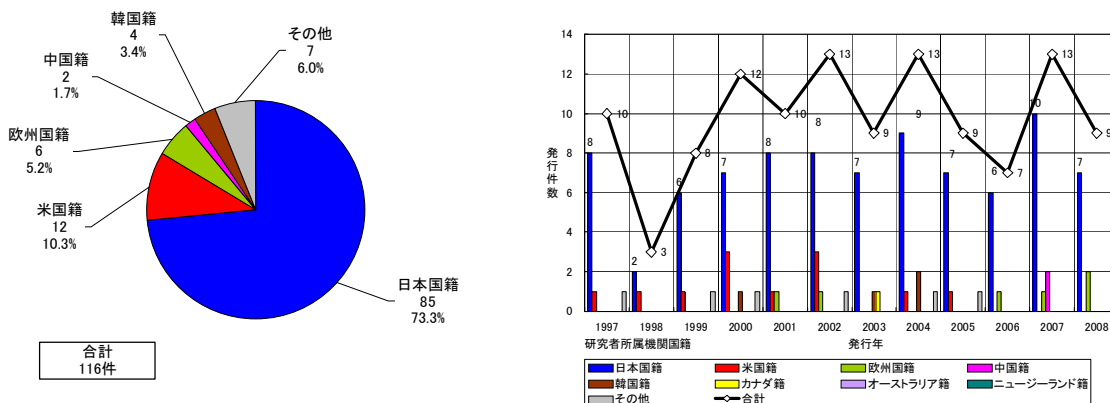
図 17 注目研究テーマの研究者所属機関国籍別発行件数推移（全体、機械設備）



④低コスト技術に係る論文

「低コスト技術」に係る論文について研究者所属機関国籍別論文発行件数推移を図 18 に示す。本テーマにおいては、日本国籍人のシェアが約 73%であり、全体傾向のシェア（約 64%）に比べ相対的なシェアは高く、他国に比べ注目されているテーマであることが窺える。

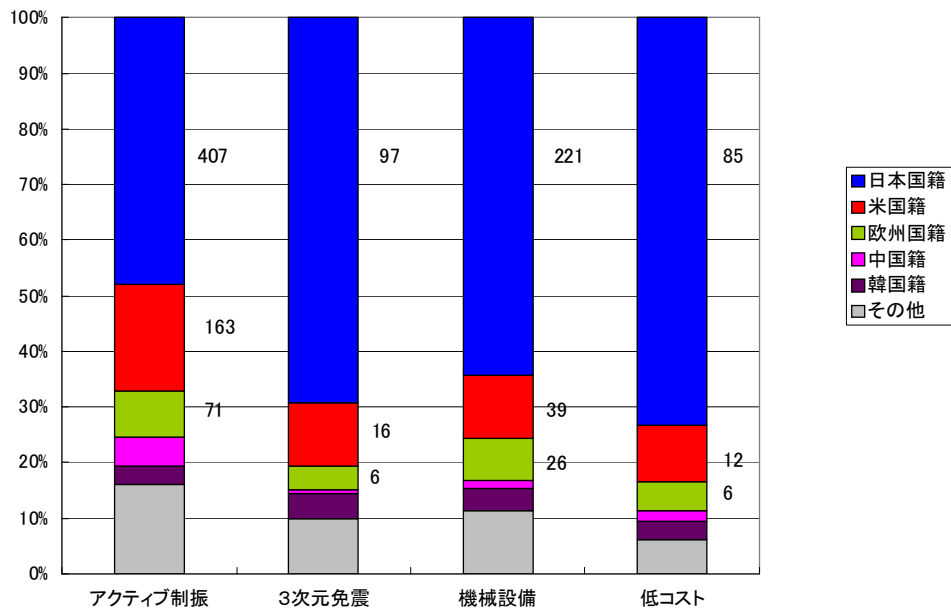
図 18 注目研究テーマの研究者所属機関国籍別発行件数推移（全体、低コスト）



⑤注目テーマの各国のシェア

本検討において注目 4 テーマに挙げた、アクティブ制御技術、3次元免震技術、機械設備での免震・除振・制振技術及び低コスト技術に係る論文について研究者所属機関国籍別論文発行件数推移の比較を図 19 に示す。注目 4 テーマすべてにおいて日本のシェアが 1 位、米国が 2 位、欧州が 3 位といった傾向にあることが分かる。また相対的なシェアから見ると日本では他のテーマに比べアクティブ制振技術に注目度が低く、低コスト技術の注目が高いと思われる。

図 19 注目研究テーマの研究者所属機関国籍別発行件数推移の比較



4. 研究者所属機関・研究者別動向調査

(1) 研究者所属機関別発行件数上位ランキング

研究者所属機関（筆頭著者所属機関）別の論文発行件数上位ランキング（上位 68 位、発行件数 10 件以上、全 71 機関）を表 8 に示す。大学については、各分校、学科などを統合してカウントした。上位 68 位では日本国籍の研究者所属機関が 61 機関で半数以上を占め、米国籍の研究者所属機関が 5 機関、中国籍の研究者所属機関が 3 機関、その他の国籍の研究者所属機関が 2 機関となっている。なお、本ランキングは論文の第一著者でランキングを作成した。

表 8 研究者所属機関別論文発行件数上位ランキング（全期間、発行年：1997-2008 年）

順位	研究者所属機関（国籍）	発行件数	順位	研究者所属機関（国籍）	発行件数
1	東京工大（日本）	85	37	埼玉大学（日本）	17
2	京都大学（日本）	73	37	豊橋技科大（日本）	17
3	東京大学（日本）	72	39	奥村組（日本）	16
4	大林組（日本）	59	39	鴻池組（日本）	16
5	鹿島建設（日本）	58	39	阪神高速道路（日本）	16
6	三井住友建設（日本）	56	39	東海大（日本）	16
7	清水建設（日本）	46	39	武蔵工大（日本）	16
8	Univ. California（米国）	41	39	福岡大（日本）	16
9	九州大学（日本）	32	45	Shanghai Jiao Tong Univ.（中国）	15
9	竹中工務店（日本）	32	45	慶応大（日本）	15
11	日本大学（日本）	31	45	矢作建設工業（日本）	15
11	明治大（日本）	31	48	ハザマ（日本）	14
13	広島大学（日本）	29	48	広島工大（日本）	14
14	大成建設（日本）	28	50	フジタ（日本）	13
15	戸田建設（日本）	27	50	熊谷組（日本）	13
16	建築研究所（日本）	26	52	Rice Univ（米国）	12
16	東京電機大（日本）	26	52	日立（日本）	12
18	北海道大学（日本）	25	52	安藤建設 技研（日本）	12
18	電力中央研（日本）	25	52	三菱製鋼（日本）	12
20	東北大学（日本）	24	52	新日本製鉄（日本）	12
20	東京理大（日本）	24	52	神奈川大（日本）	12
22	State Univ. New York（米国）	23	52	大阪大（日本）	12
23	National Taiwan Univ（その他）	22	59	Indian Inst. Technol., Mumbai,（その他）	11
23	鉄道総合技術研（日本）	22	59	Pennsylvania State Univ（米国）	11
25	Hong Kong Polytechnic Univ（中国）	21	59	Virginia Polytechnic Inst. and State Univ（米国）	11
26	神戸製鋼所（日本）	20	59	前田建設工業（日本）	11
26	早稲田大（日本）	20	59	九州工大（日本）	11
26	土木研（日本）	20	59	昭和電線電らん（日本）	11
26	東京農工大（日本）	20	59	千葉工大（日本）	11
26	名古屋大（日本）	20	59	千葉大（日本）	11
31	愛知工業大（日本）	19	59	防衛大（日本）	11
31	神戸大（日本）	19	68	IHI（日本）	10
33	京都工繊大（日本）	18	68	Tongji Univ（中国）	10
33	三菱重工業（日本）	18	68	日本原子力研究開発機構（日本）	10
33	松村組（日本）	18	68	巴コーポレーション（日本）	10
33	日建設計（日本）	18			

第3部 政策動向

第1章 関連する法律・規制（許認可等）・指針など

第1節 日本

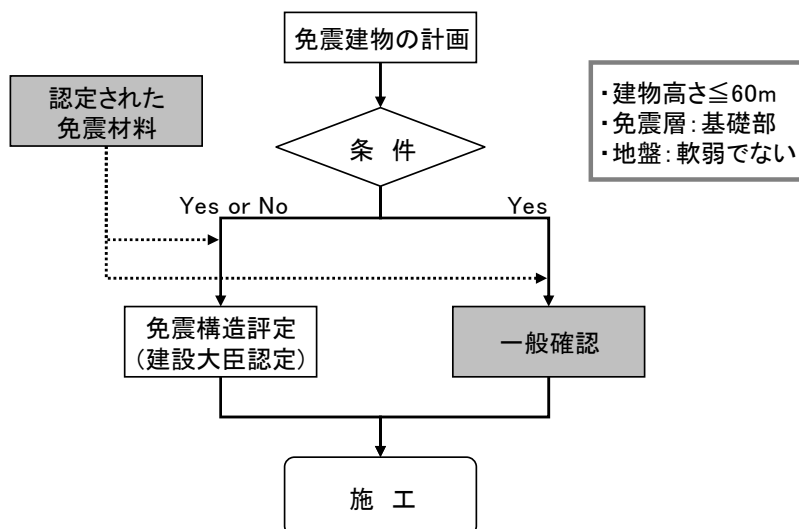
1. 免震に関する技術基準等

建築分野、土木分野では、免震構造の普及に伴い、技術的な基準やマニュアルが作成され、免震構造採用のための手続きが整備されてきた。機械設備分野（除振装置や展示台）に関しては、人命などへの影響が少ないため、簡易認定や品質保証を取得しているものもあるが、必ずしも使用において必要ではない。

(1) 建築分野

2000年に建設省（現国土交通省）より、建築基準法改正に関連して免震建築物に関する告示が交付され、一定の条件を満たしている免震建築物であれば一般確認での建設が可能となり、免震設計及び手続きについての簡素なルートが設けられた。本告示は平成12年告示2009号と同告示2010号よりなり、前者は免震建物の構造計算方法に関するもので、本計算方法が適用できる免震建物の条件や、加速度応答スペクトル法に基づいた構造計算方法などを規定している。また、後者は免震材料に関するもので、免震材料を支承材、減衰材、復元材に分類し、使用材料、形状、寸法などを明らかにするとともに、分類に応じて表示すべき性能項目を定めている。また、性能に関する基準値を定める際の、試験条件、試験方法なども規定している。図20に免震に関する建設省告示の概要を示す。なお、戸建住宅の分野では、告示ルートによる建築事例は極めて少ない。建築実績の大半は、各住宅メーカーが独自に大臣認定を取得し建築している。

図 20 免震に関する建設省告示の概要



(出典)日本振動技術協会「振動技術総覧2005」p6より

(2) 土木分野

橋梁分野では、建設省が、官民連帯共同研究として平成元年から3ヶ年計画で道路橋の免

震構造システムの開発を取り上げ、土木研究所と共同研究参加会社を中心となり免震設計及び橋梁用免震装置の開発を進めた。そして、その成果として、平成4年に、建設省において『道路橋の免震設計法マニュアル(案)』が策定され、道路橋の免震構造導入のために活用された。平成8年には、上記のマニュアル(案)に基づいて、(社)日本道路協会より、『道路橋示方書(V耐震設計編)』として、免震設計に関する技術基準がまとめられた。その後、平成14年に、性能規定化や耐久性に関する規定の強化等を主な内容とした改定が行われている。現在、建設される免震橋の設計は『道路橋示方書(V耐震設計編)』(平成14年改定版)に沿ったものとなっている。

(3) 機械分野

原子力施設の免震に関しては、平成13年に(社)日本電気協会において『原子力発電所免震構造設計技術指針(JEAG4614)』がまとめられた。本指針は、(財)電力中央研究所がFBR免震システム確認試験に基づいて作成した『高速増殖炉免震設計技術指針(案)』を母体にして作成されたものであり、免震設計評価方法、免震装置、建屋・構築物、機器・配管系の荷重組合せと許容限界、設計などについて示されている。

また、機器免震に対して(財)日本品質保証機構(JQA)による認定制度が2001年1月に「コンピューター・セキュリティ関連設備・機器 機器用免震台 検査基準」を定めて機器免震の認定を行ってきた。しかし、この制度は廃止され、ISO/ICE17799に基づき「情報セキュリティマネジメントシステム適合性評価制度 ISMS 認証基準」に移行した。

なお、日本振動技術協会(JAVIT)において、機器免震システム性能評価が始められているが、現在認定を取得しているものは少ない。

(4) その他(積層ゴムのISO規格)

積層ゴムのISO化の動きは1999年頃から顕在化し、2000年のISO国際会議でISO/TC45/SC4/WG9“Elastomeric Isolators”が設置され、日本がコンビナー(議長国)として規格化を進めることとなった。本規格は、第1部:試験方法、第2部:道路橋への適用及び仕様、第3部:建物への適用及び仕様の3部から構成され、仕様規定でなく性能規定を重視した内容となっている。2005年には正式な規格が発行された。

2. プロジェクト

我が国では、原子力免震の検討が行われている。

① 建屋免震

FBRの設計の合理化、安全性の向上、経済性の向上及び立地点の拡大のために、FBRの免震設計や免震装置の各種機能確認試験を行うと共に、FBR免震設計法の確立を図った。FBR建屋免震装置は、1基当たりの設計荷重が500トンの鉛入積層ゴムで、基礎と建屋下部床の間に276個配置する構造となっている。

② 床免震

電算機システムを床免震構造化した場合の安全性、信頼性及び設計手法の妥当性を確認するために、振動台による試験が行われた。

③機器免震

安全上重要な原子力機器を免震構造化した場合の有効性を確率論的手法を用いて評価する手法と評価コードを開発すると共に、経済性評価法も開発された。同コードを用いて、安全上重要な機器の1つとして挙げられている碍管付き起動変圧器を免震化した場合の有効性が評価され、効果が非常に大きいことが示されている。また、自然地震動を利用した場合と振動台を用いた場合のタイプの異なる3次元機器免震試験システムを設計・製作し、ロッキング挙動や上下免震効果に着目した試験が実施された。

経済産業省、民間企業の共同開発として、下記のようなプロジェクトが計画されている。

- ・ 次世代原子炉（改良型軽水炉）の免震技術（研究開発費は600億円）
- ・ 免震工法とプレハブ工法を採用した安くて長寿命（想定80年）な高出力次世代原発（官民が8年間で600億円を投入する国家プロジェクト）

第2節 海外（米国、欧州、中国、韓国）

（1）米国

指針等は建築・土木分野で存在し、運用に関しては、各管轄によって行われている。

例えばCALTRANS（カリフォルニア州運輸局）では、免震装置の基準、あるいは品質管理規程は、AASHTO（アメリカ道路橋標準仕書）のガイドラインに沿って、メーカーの自主テストとUCSDの試験設備を用いたテストを行っている。

（2）欧州

欧州各国で建築基準に沿って指針などが制定されている。欧州全域にわたっては、80年代末から90年代にEUROCODEコードが制定されている。欧州技術認証組織の認可などがある。

（3）中国

免震用積層ゴムの国家規格GB118-2000、地震対策用ゴム支承の国家規格GB2005-101（パート1～3）を制定しているが、日本のような認定制度はない。

（4）韓国

地震は少ないが600年周期や1000年周期の地震は韓国でもある。韓国は1988年に6階以上、2005年には3階以上の建物に耐震設計を義務付ける法が制定されている。日本のような認定制度はない。

2. プロジェクト

（1）米国

Network for Earthquake Engineering Simulation (NEES) は、地震と地震による被害軽減に関する研究のため、National Science Foundation (NSF、米国科学財団) が事務局となり創設された制度（2004年10月～2014年9月までの10年間のプログラム）である。

NEES プログラムは、全米の15機関の実験装置を高速ネットワークで結び有効利用するものであり、研究施設・取得されたデータ・シミュレーションプログラムを共有化し、多様な社会基盤施設の地震時挙動の実験的・数値解析的シミュレーションを実施することにより最

先端の知見を得ることを目的としている。施設・プログラム・データの共有化によって、重複した施設整備などの無駄を省き、地震被害の軽減に役立つ耐震設計の高度化・部材や材料の高耐力化・施工技術の高度化・モニタリングシステム構築などを、経済的に実施できることが特徴である。

これらの装置は、新規に整備した場合、既存の装置の改良等を施した場合など施設毎に状況は異なるが、全ての施設が高速ネットワークにより有機的に結合されている。これらの施設により、遠隔地（国内外を問わず）の研究者・技術者が、全ての実験データや公表資料を利用すること、実験に参加すること、リアルタイムで実験映像・データを閲覧すること、ミーティングに参加すること、共同論文執筆などが可能である。

例えば、コンピュータシミュレーションと大型実験装置を同期させたハイブリッド実験に関して、複雑な対象構造物を部材に分割し、各々の部材模型に対して実験装置を持つ組織が地震動を入力し、その応答を NEES サーバーにリアルタイムに集約し、高速コンピュータで解析しアクチュエータの制御信号を生成、部材模型に載荷するなどの試みが実際に実施されている。

（２）欧州

INDEPTH(INNnovative Devices for Seismic Protection of PeTroCHeMical Facilities)計画は石油精製所や石油化学・産業施設に関して、既存・新設を問わず、革新的な地震対策を活用して、耐震安全性を高めることを目的とした研究プロジェクトであり、EC 研究統括機構の環境プログラム「地球的变化と自然災害」のテーマの下に助成を受けて、2002年9月から3年間（第1期）の予定で開始された。対象としては、ギリシャの Aspropyrgos（アスプロピルゴス）製油所とスペインの Huelva（ヘルバ） LNG 基地の調査から、LNG タンク、石油タンク、球形タンク（アンモニア・LPG 等）を選び、いわゆる耐震補強法に頼らずに、免震・制振的手法を中心に検討する。検討対象として取上げているモデル、免震装置は、次のようなものである。

表 9 INDEPTH プロジェクトの対象モデル及び免震装置

対象	検討免震装置
<p>【LNG タンク】</p> <p>①容量 60,000kl、外槽直径 49.41m、高さ/直径 0.81</p> <p>②容量 100,000kl、外槽直径 67m、高さ/直径 0.56</p> <p>【石油タンク】</p> <p>③容量 67,600kl、直径 66.44m、高さ/直径 0.29</p> <p>④容量 8,557kl、直径 24.4m、高さ/直径 0.75</p> <p>⑤容量 755kl、直径 8.24m、高さ/直径 1.75</p> <p>【球形タンク】</p> <p>⑥容量 4,200kl、球径 19.6m、支柱の本数 11</p>	<p>a) HDRB(High Damping Rubber Bearing : 高減衰積層ゴム支承)</p> <p>b) LRB(Lead Rubber Bearing : 鉛プラグ入り積層ゴム支承)</p> <p>c) FRRB(Fiber Reinforced Rubber Bearing : 繊維補強ゴム支承)</p>

（出典）（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成 18 年度免震用装置及びシステムに係る調査事業成果報告書」をもとに作成

第4部 市場環境

第1節 日本

免震・制振技術の普及状況を網羅的に調査した統計データは、整備されていないが建築用途に関して、(社)日本免震構造協会の会員によるデータ集積結果を以下に示す。免震・制振技術ともに大きな伸びはないものの着実に推移している。

①免震

(社)日本免震構造協会の会員によるデータ集積結果(2006年末までの集計結果)によれば、免震建築物計画推移棟数(戸建住宅を除く)、免震戸建住宅推移、免震建築物の県別棟数(戸建住宅を除く)、免震建築物の用途別(戸建住宅を除く)の状況は、図21(a)、(b)、表10、図22のような状況である。

図21(a) 免震建築物計画棟数(戸建を除く)

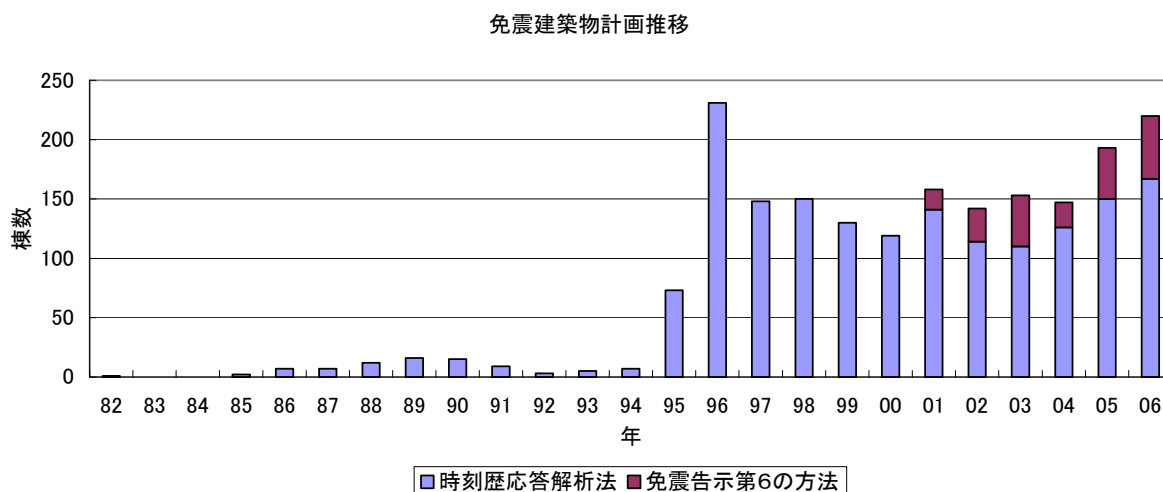


図21(b) 免震戸建住宅計画棟数

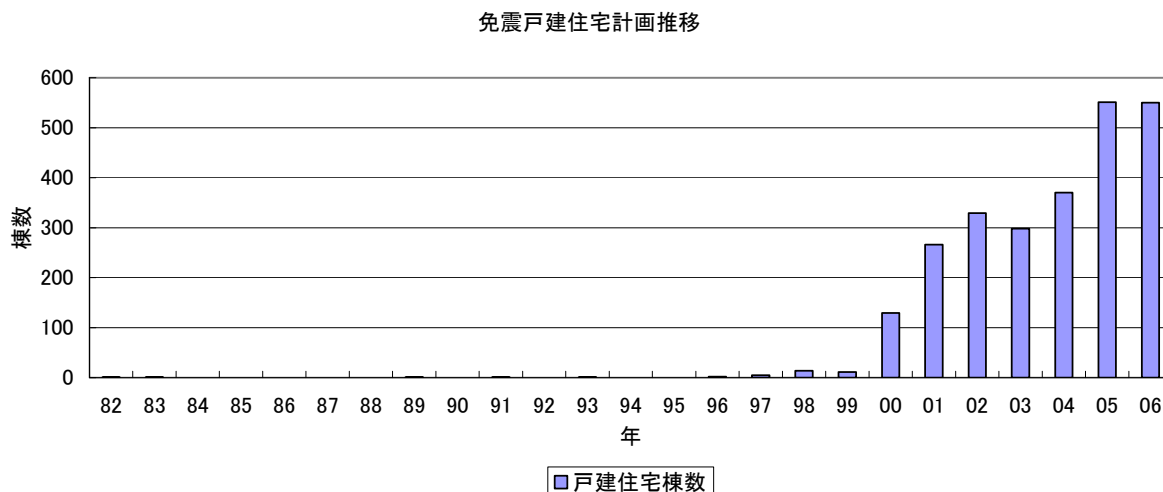
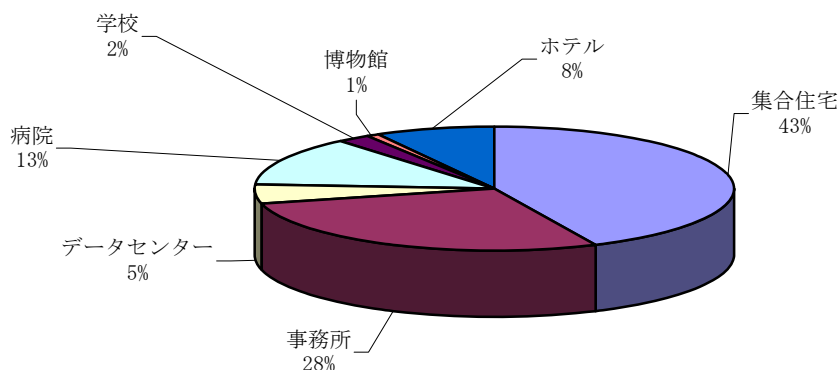


表 10 免震構造の県別棟数（戸建住宅を除く、2007 年時点）

北海道	北海道	37	北陸	石川県	12	四国	徳島県	8	
	青森県	13		富山県	6		香川県	7	
	秋田県	4		福井県	6		高知県	13	
	東北	岩手県	8	東海	岐阜県	25	九州	愛媛県	7
		宮城県	68		静岡県	112		福岡県	33
		山形県	7		愛知県	138		佐賀県	2
福島県		7	三重県		20	長崎県		5	
関東	茨城県	25	近畿	滋賀県	9	九州	熊本県	11	
	栃木県	16		京都府	18		宮崎県	7	
	群馬県	8		大阪府	133		鹿児島県	5	
	埼玉県	84		兵庫県	80		大分県	8	
	千葉県	113		奈良県	3		沖縄県	3	
	東京都	496		和歌山県	8		その他	不明	48
	神奈川県	249		中国	岡山県		12		
	山梨県	17			広島県		12		
信越	長野県	14	山口県		3				
	新潟県	17	島根県	4					
			鳥取県	7					
								合計	1948

図 22 免震構造の用途別割合



(出典) MENSIN NO.61 2008.8

免震建築物計画推移棟数（戸建住宅を除く）は、阪神大震災の影響により 1995 年から 1996 年まで急激に増加し、2000 年まで緩やかに減少し、その後度重なる地震による被害などの影響で、増減しながらもトレンドとしては増加傾向にある。

また、2000 年 10 月に建築基準法改正（告示 2009（免震構造計算方法）+告示 2010（認定免震材料））が行われ、大臣認定以外に一般確認のルートができ、2001 年以降このルートの推移棟数は順調に増加している。

集合住宅棟数も免震建築物計画推移棟数と同様なトレンドを示している。病院棟数も増減を繰り返しながら推移し、近年は大規模病院に関しては、特に免震化が進んでいる。

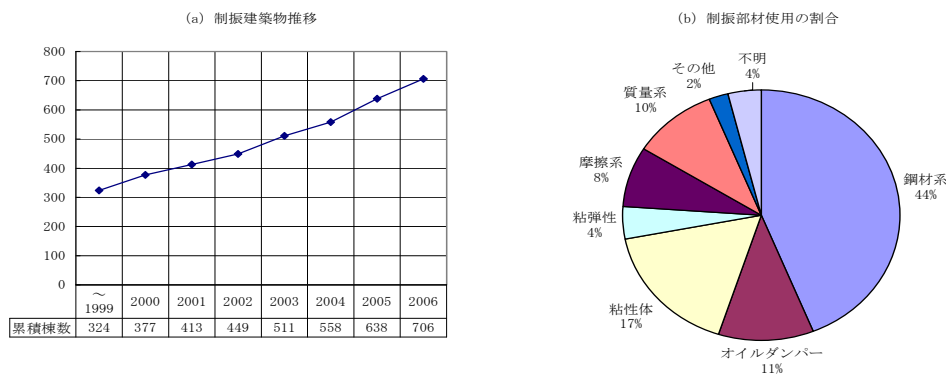
戸建住宅棟数は 1996 年以降 1999 年までが導入期で、2000 年以降急速に普及し増加している。2009 年末までに約 4000 棟の免震住宅が建設されているようであるが、日本の住宅着工戸数が将来的にみても減少傾向にある中、着実に着工戸数が増加している。

免震建築物計画推移-官・民では、民の割合が高く、官の件数は一定レベルで推移している。
 県別分布では、全ての都道府県に1棟以上存在し、東海地震の影響を受ける地域は棟数が多い傾向がある。

②制振

制振技術の普及状況を網羅的に調査した統計データは、整備されていないが（社）日本免震構造協会の会員によるデータ集積結果（2006年末までの集計結果）によれば、制振建築物の累積棟数（戸建住宅を除く）は、図23のように推移しており、2000年以降一定規模で増えている。また、制振部材別の使用割合では、鋼材が44%と高い。これは、コストが低いなどの要因が考えられる。

図 23 制振建築物推移



（出典）MENSHIN NO.61 2008.8

第2節 海外

（1）米国

米国の免震化の代表的な建物は、既存のレンガ造りのソルトレークシティの市庁舎の免震レトロフィットが著名である。米国の大震災は1994年のノースリッジ地震である。この地震で免震構造の病院は機能を維持し、耐震構造の病院では建物の被害はなかったが、機器類が損傷した。米国での免震化率は低く、免震建物の施工数も100棟程度と少ない状況である（主に災害時の危機管理体制の面から、火災防災機能を有する施設や情報通信機能（例えば危機管理センターEOC）を統括する施設など、大地震の最中または地震後の機能維持が要求される建物を中心に免震化が行われている）。戸建住宅に関しては、東海岸（特に地震が少ないこともあり）は免震化されていないが、一部に日本企業の取り組みに興味を示す動きもある。

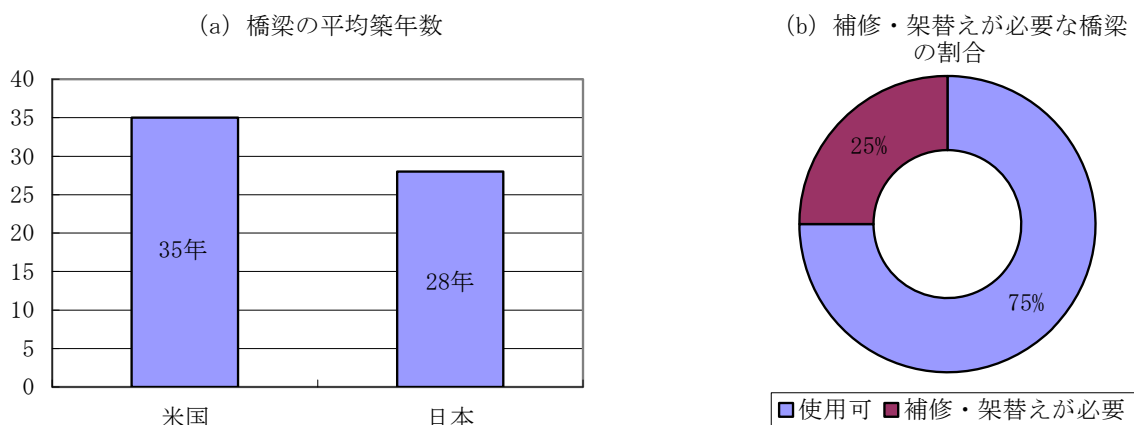
土木用途に関しては、橋梁に使用される例が多い。米国の橋梁は、古くは風による振動による崩落、近年は老朽化による崩落などで話題となったが、多くの既存橋梁はメンテナンスや修復、建替えの時期を迎えるものが多く、大きな市場と考えられる。

- ・ 米国の高速道路網は2006年に50周年を迎えた。
- ・ 全米で供用されている橋の総数は約60万橋(595,189橋)であり、その平均築年数は35

年である。

- ・ 25%の橋梁は、老朽化や交通量の増大に適合しない等の理由で補修や架替えが必要とされている。
- ・ 道路設備予算としての規模は、2005年－2009年の5ヵ年で約20兆円であり(SAFETEA-LU)、その10%が橋梁用として使用されている。

図 24 米国の橋梁の状況



(出典) (社)日本鉄鋼連盟「2007年度米国鋼橋市場動向調査報告書(要約)」より

米国の免震・制振関連の企業は、テーラーデバイスなどの数社に限られ、日本に比べ数が少ない。ただし、試験機においては日本にはない大型の材料試験機などを大学や道路管理機関が所有し、実物大規模での性能評価などが精力的に行われている。

半導体製造装置に関しては、日米のシェアは拮抗しており、技術面でも大きな差はないと考えられる。

(2) 欧州

欧州は地震の発生が少なくその影響もあって、免震化率は低く、関連産業の市場も小さいと考えられる。しかし、欧州の中では、イタリアは地震の多い国で、免震建物の施工数も多い(約40)。2009年の4月にイタリアで大地震(M=6.3、死者90人、家屋被害5万人)が発生し大きな被害が生じ関心が高まっている。また、国立免震作業部会(GLIS:National Working Group on Seismic Isolation, Gruppo de Lavoro Isolamento Sismico)は研究者や実務者の幅広い会員から構成されており、いくつかのワークショップを運営し、免震構造設計ガイドラインを整備している。近年、イタリアで竣工した五つの建物で構成される7階建ての複合建物は高減衰積層ゴムにより免震支持されている。イタリア、ギリシャやトルコなどは欧州の中では、地震も多く、歴史的建築物や美術品なども多数あり、一部免震化対策が行われているものもあるが、十分に行われているとはいえない。

欧州の免振・制振関連の企業としては、ドイツ企業のGERB社は機器類やビル・構造物の振動をコントロールするリーディングカンパニーの1つであり、同社の3次元免震デバイスは、北京の高架地下鉄の西直門駅の橋上バネ免震に使用され、鉄道による振動を高架の高層駅ビルに伝えない仕組みとなっている。GERB社の免震デバイスは、変電所、原子力発電所、ロン

ドンのミレアムブリッジにも使用されている。

また、機械設備用途に関しては、半導体製造装置の分野でオランダの ASML や機械一般でドイツのシーメンスなどのリーディング企業を有しており、技術面では日米との技術水準に差はないといえる。半導体の除振装置における 3 次元アクティブ技術のアイデアについて、ヒアリングによると欧州で最初に生まれた模様である。なお、3 次元アクティブ技術について基本特許などについては特に見当たらない。

(3) 中国

中国では、唐山大地震（1976 年 7 月 28 日、M=7.5）が発生し、北京周辺で大きな被害を受けた。この地震では北京でもある程度の被害を受け、これを契機に耐震工事が行われた。この地震以外にも過去に地震の被害を受けている。また、2008 年に発生した四川大地震により大きな被害を受けたこと等により、最近では免震の価値が評価され始め、重要な建築物から免震化が導入されている状況である。近年、大学においても、施設・試験機や研究者の数も急速に増加しており、今後も免震化は拡大が続くと考えられており、これらの状況から免震に関して中国は最も注目すべき国のひとつである。なお、中国では免震装置や技術に関して自国の技術での推進を図っているが、海外の一部企業は、中国での採用を延ばしているところもある。以下に中国の建物・土木用途における免震化の状況を示す。

- ・ 中国全土の 60%以上、大都市の 80%は地震地帯である
- ・ 2006 年時点で中国には免震建物が 570 棟以上ある
- ・ 免震ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承により建物への地震入力を 1/4~1/12 にする設計を行っており、耐久性は 70 年を想定
- ・ 免震構造は、中間層免震が意外と多い（北京には世界最大の人工地盤上に免震装置を設置した中間層免震構造がある）。
- ・ 免震用積層ゴムの国家規格 GB118-2000、地震対策用ゴム支承の国家規格 GB2005-101（パート 1~3）を制定済

機械設備用途に関しては、防振・除振技術など日米欧に比べ技術水準は低く、半導体装置などの 3 次元アクティブ技術などを有する企業は今のところ見当たらない。また、海外企業が、中国に半導体工場を建設する場合、地方政府ではなく中央政府の認定が必要となることが多い。

(4) 韓国

最近、韓国では集合住宅を中心とした超高層建物の建設計画が多く進行しており（100 階建て以上が 10 プロジェクト、60 階建て以上が 84 プロジェクト）、日本を越える高層建築ブームとなっている。それに伴い、災害対策や居住性対策にも注目が集まってきており、さらに、2005 年の福岡県西方沖地震では距離的に近い釜山において地震による建物の大きな揺れを体験したことから、地震の多発しない韓国においても免震や制振による地震軽減対策が注目され始めている。土木、特に橋の免震・制振化は行われはじめている。ただし、地震が少ないこともあり（600 年周期や 1000 年周期の地震は韓国でもある。）、これまでは免震化の例は少ない。なお、韓国は 1988 年に 6 階以上、2005 年には 3 階以上の建物に耐震設計を義務付ける法が制定されている。

第5部 提言

1. はじめに

免振・制振・除振システム技術は、建築分野、土木分野、機械設備分野（半導体製造装置など含む）等で使用され、分野によって振動源（地震、風、交通、機器等）や対象振動数、その対処技術、さらに市場環境も異なる。

建築・土木分野では、地震の際、人の生命（安全）や財産や生活保全（安心）を保障する極めて重要なものである。また、半導体分野ではナノテク技術に代表される超精密加工精度の向上及び品質確保と、さらに世界市場化における部品製造分業化による部品の安定供給確保（BCP）が重要課題となっている。

地震は日本のみならず世界各国で頻繁に大きな被害をもたらしている。さらに、地震があまり発生しない地域でも交通振動や隣接機械による振動、風による振動など、日常生活を不快にさせ、ストレスなどの原因となるものも多い。そこで免震・制振・除振の効果としては、安全性の向上、安心・居住性の向上、設計自由度の向上、財産保全（資産価値の向上）、機能性の維持、ナノテク技術に対する基盤技術の確保等が挙げられる。

また、近年、世界的に環境に対する関心が高まってきており、長寿命住宅などの開発は地震対策面の技術だけでなく、3Rの観点やCO₂削減の技術を必要とする。世界的にはCO₂削減のための有効手段の一つとして、原子力プラントを増やすなどの動きも見られ、その際、地震国への建設においては、免振・制振技術は、その耐震安全性の向上のための重要な技術の一つである。このように、免振・制振・除振の技術は人々の生命・財産保護から世界経済の安定化まで、更には地球環境の保護に至るまでを網羅し、さらにその技術はメガストラクチャーから超ナノテクまでと、幅広く人々の生活と技術の発展を支えているといえる。

日本は、国土が狭くまた有数の地震国であることから、非常に大きなエネルギー振動源としての地震や、エネルギーは小さいものの頻繁に発生する交通振動あるいは隣接の機器からのものなど様々な振動の影響を受ける機会が多い。このため、日本ではこの分野での技術開発が活発に行われており、特許出願件数及び論文発表件数、さらにこの技術を用いた建造物施工数においても海外の国々を大きく上回る状況である。

建築・土木分野では、主に地震や風に対しパッシブ制御の水平方向の免震・制振技術、例えば、積層ゴムやトリガー機能が付与された装置、塑性ダンパーや粘弾性ダンパーなどが主流である。アクティブ制御や3次元などの技術も開発されているがコストやメンテナンスの面などから実績は少ない。

市場に関して、国内は1995年の阪神淡路大震災以降、多大な震災を経験し施工実績は伸びているが普及率はまだ低い。今後も公共事業費削減など建築・土木分野の市場環境は厳しいと考えられる。

建築・土木分野の市場はこれまで国内が中心であったため、海外との競争の機会は少ないのが現状で、本技術に関する日本国籍出願人の日本への特許出願件数に対する海外比率は3%程度にすぎない（表11参照）。本技術が内需指向型であることが窺え、日本製の免震・制振装置の海外への輸出等に関してもあまり積極的に行われていない。

一方、機械設備分野に関しては、自動車、建設機械、鉄道、化学プラント、各種製造機械分野と非常に多岐にわたっている。特に、半導体製造設備における免振・制振・除振システム技術は、半導体のさらなる微細化、高速化、高精度化の流れの中にあって製品の品質を左

右する重要基盤技術であり、世界がしのぎを削って開発に取り組んでいる。半導体製造装置では、空気ばねや磁気ばねを用いた3次元アクティブ制御技術などが主に用いられている。また、半導体工場など建物の多層化やロングスパン化に伴って交通振動や機械振動等が原因で床が揺れやすくなっており、この床の揺れと反対に錘をリニアモータ等により駆動し、振動を打ち消す軽量小型制振装置（錘の動きを増幅することで）なども開発され、クリーンルームの床下に設置することにより、低コストで振動対策を行ったりしている。

この分野の技術は、特許として出願されない高度なノウハウが含まれており、その動向は特許からは掴みにくいものであるが、日本の技術が世界のトップレベルにあることは間違いない。

また、ビジネス以外でも、この優れた技術を人身保護の観点に立って、地震対策技術が遅れている国や発展途上国等に ODA を通じて支援することで、日本が世界の指導的役割を果たすことが出来る重要な技術といえる。

なお、本テーマと過去の技術動向調査の特許出願動向を比較すると「再生医療（H20年度）」、「ディーゼルエンジンの有害排出物質の低減技術（H19年度）」は、日本国籍出願人による海外への出願件数比率は高く、市場の国際化が進んでいる分野といえ、欧米との出願件数シェアはある程度拮抗している。一方、「ヒートアイランド対策技術（H19年度）」、「本テーマ」は日本国籍出願人による海外への出願件数比率は低く、市場の国際化が進んでいない分野といえ、日本国籍出願人による出願件数シェアがかなり高い（表 11 参照）。

表 11 テーマ別の特許出願動向

テーマ	日米欧中韓への国籍人別出願件数とシェア(%)						海外出願比率
	日本籍	米国籍	欧州籍	中国籍	韓国籍	その他	
再生医療（H20年度）	2,327 27.1%	3,175 37.0%	1,623 18.9%	472 5.5%	261 3.0%	715 8.3%	34%
ディーゼルエンジンの有害排出物質の低減技術（H19年度）	18,409 53.8%	3,525 10.3%	11,685 34.1%	42 0.1%	398 1.2%	173 0.5%	26%
ヒートアイランド対策技術（H19年度）	1,535 67.0%	216 10.0%	398 17.0%	38 2.0%	34 2.0%	37 2.0%	4%
本テーマ	7,860 85.8%	375 4.1%	435 4.7%	227 2.5%	221 2.4%	44 0.5%	3%

*海外出願比率：日本国籍出願人の日本への出願数に対する海外出願数

2. 将来の開発に向けた提案

今回の特許動向調査および各専門委員の意見等を踏まえて、この分野における日本の技術力の維持と更なる技術・市場の発展のための提言を以下にまとめる。なお、表 12 に本テーマの調査結果の概要を示す。

表 12 調査結果の概要

調査結果の概要					
国内状況	<ul style="list-style-type: none"> ・日本国籍出願人による特許出願件数は、米欧中韓国籍人等による出願件数より圧倒的に多い。 ・日本国籍人による論文（全体）発表件数は、米欧中韓国籍人等による件数より多い。 ・特許出願数或いは論文（全体）発表件数の上位は日本企業や研究機関がその大部分を占めている。 ・免震・制振装置、除振装置等のメーカー、施工業者或いは研究機関数は欧米に比べ日本が多い（近年中国も増加中）。 				
海外状況	<ul style="list-style-type: none"> ・日本国籍出願人の各国（米国や欧州、中韓など）への特許出願件数は、本国からの出願数に次ぐ件数であり多い。 ・日本国籍出願人の海外出願件数比率（対国内出願件数）は低い。 ・日本国籍人による国際重要誌への発表件数は米国と比べると少ない。 				
実験設備	<ul style="list-style-type: none"> ・大型振動台は研究機関や大学に整備されている。 ・高速大変形の下及び水平2方向加振可能な装置は日本にはなく、米国や中国、台湾にはある。 				
研究体制	<ul style="list-style-type: none"> ・欧州など統括的な研究体制で免震・制振実験など行われているが、日本はその体制が十分でない。 ・米国では研究成果等の多機関共有などのプロジェクトが行われているが、日本では共有化など十分でない。 				
	建築・土木分野	機械設備分野	原子力分野（建築、機械両方）		
①国内市場	<ul style="list-style-type: none"> ・縮小傾向にある ・耐震に比べ免震は割高 ・施工性（長時間、転居） ・メンテナンス手順等未整備 	③市場	<ul style="list-style-type: none"> ・既に国際化されている ・競争が激しい ・微細化、高速化、高精度化が更に促進される ・短期より中長期的な技術開発が必要 	④市場	<ul style="list-style-type: none"> ・国内：拡大（数限定的） ・海外：CO2 問題等で拡大 ・安全性（地震対策等） ・設計基準等の整備（プラント建設、運転、地震を含むリスク対策）
②海外市場	<ul style="list-style-type: none"> ・中国などで免震・制振需要拡大 ・内需指向の強い分野 ・国際化（未整備）⇒国際標準促進 				
⑤	<ul style="list-style-type: none"> ・高速大変形装置 ・研究設備・成果のネットワーク及び共有化 	⇒	<ul style="list-style-type: none"> ・共通基盤（設備）の充実 ・統括的で効率的な研究体制 	⇒	本テーマ全体の技術力維持とレベルアップ

提言1：地震国日本の安全・安心を確保するため、建築分野・土木分野において、新規及び既存構造物に免震・制振技術を普及させることが必要であり、このため、メーカー及びゼネコン等及び国の研究機関の更なる技術開発が必要である。

市場環境調査結果より新築の戸建住宅や高層マンション、病院などで免震・制振構造とする物件が着実に増えてきている。しかし、建築物全体における免震・制振建築物の割合は2006年度0.4%程度（年間（220+550）件/18.7万件（建築着工統計調査（戸建含む、国土交通省））とまだ普及率は低い。

一方、既存建物においては、学校、病院等の耐震化（耐震補強、一部に制振化の例もある）プロジェクトなどが行われているが、まだ30～50%程度の既存建物が耐震性を満足していない状況である。（表13、表14参照）。

表13 耐震化の状況（カッコ内は割合%）

	総数	81年以前建設	耐震性あり	耐震性不足＋不明
住宅（戸数：万）	4700	1,850(39.4)	3,550(75.5)	1,150(24.5)
公立小中学校（棟数）	127164	78,319(61.6)	79,125(62.3)	47,949(37.7)
病院（経営組織数）	8130	-	4,132(50.8)	3,998(49.2)
防災拠点となる公共施設（棟数）	192735	107,351(55.7)	120,415(62.5)	72,320(37.5)
国の庁舎（延べ面積：万m ² ）	354	-	225(63.6)	129(36.4)

（出典）2009年度防災白書より

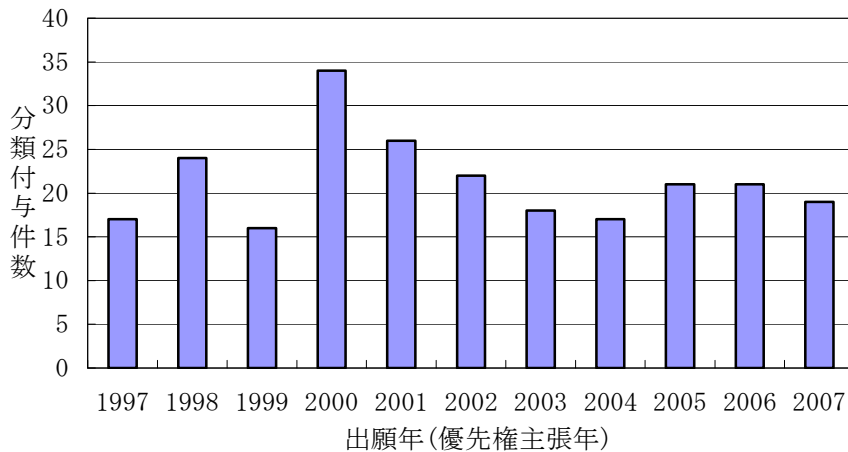
表14 病院の耐震改修状況調査の結果（平成21年度厚生労働省調査）

	回答病院数	すべての建物に耐震性がある病院数（耐震化率）	一部の建物に耐震性がある病院数	すべての建物に耐震性が無い病院数	建物の耐震性が不明である病院数
病院	8,611 (100.0%)	4,837 (56.2%)	2,595 (30.1%)	98 (1.1%)	1,081 (12.6%)
病院のうち、災害拠点病院及び救命救急センター	598 (100.0%)	373 (62.4%)	205 (34.3%)	7 (1.2%)	13 (2.1%)

（出典）厚生労働省「病院の耐震改修状況調査の結果（平成21年度）」調査より

既存の建物の耐震性を向上するには耐震補強と共に免震レトロフィットも有効な手段であるが、その適用については、国宝・重要文化財建造物など一部のものについての実績はあるものの、免震件数全体の3%程度に過ぎず、今後既存建物への免震レトロフィットを伸ばす余地は大きいと思われる。図25はレトロフィット関連特許出願件数の推移を示したものであるが、特許出願件数は約20件/年（1997年～2007年の間で約230件）程度で推移しており、施工性に関する特許出願件数が1997年～2007年の間で約1000件（日本への出願）程度ある中で、レトロフィットは約2割程度を占めている。

図 25 レトロフィット関連特許出願件数の推移



新築建物における耐震と免震・制振又は既存建物における耐震補強と免震レトロフィットを比較すると、設計の容易さやコスト面（初期コスト、ランニングコスト、ライフサイクルコスト）、施工性面（工事に伴う移転が必要か居ながらに工事可能か等）などで優劣がある。どれを選ぶかは立地条件や築年数、建物の重要度、コストなどによって使い分けられるが、耐震に比べ免震・制振は設計面で技術的に難しく、コスト面でも耐震補強に比べ免震レトロフィットは現状は割高であり、このことが普及の妨げになっている面もある。一方、安全性、資産価値や居住性の面等では、耐震や耐震補強ではユーザーの要求に応えられないのも実態である。

新築および既存建物の建築分野における免震・制振市場は、病院、大学、各種研究施設、防災拠点施設（消防など）、文化財建造物（登録文化財や7000件、重要伝統的建造物群保存地区83）、マンション、事務所ビル、精密機器等の工場、コンピュータセンター、美術館、ホテル、戸建住宅等などである。一方、土木分野では、新規の橋梁（減少傾向）、既存橋梁（建設後50年以上の橋梁の割合2026年には46%）、港湾施設など（クレーン等：地震直後に食料等の緊急物資輸送のため）が対象として考えられる。

提言2：建築・土木分野においてこれまで築いてきた免震・制振技術を海外マーケットへの進出に活用するため、国際標準規格への対応を踏まえ、ビジネス戦略を業界全体で考える時期にある。

本テーマにおいては、特許出願件数、論文発表数とも日本が諸外国に比べ多く、世界的に技術力が優位である分野の1つであるといえる。しかし、日本における日本企業の特許出願件数に着目すると、大手ゼネコンを中心に諸外国に比べ多数の特許が出願されているものの、そのうち海外に出願されているものは3%程度（全体3%、建築用途1.0%、土木用途1.1%、機械設備用途9.5%）であり、特に建築・土木用途においては主に国内需要に対応したビジネス展開であることが窺える。

表 15 用途別日本国籍人の海外特許出願件数と比率

	日本への 出願(A)	海外への出願(B)					比率 (B/A)
		米国	欧州	中国	韓国	合計	
建築	4587	16	10	11	7	44	1.0%
土木	1772	11	5	2	1	19	1.1%
機械	1809	75	30	35	31	171	9.5%

一方、少子高齢化の日本の社会事情において、建築・土木分野における新設構造物の需要は減少傾向にあり、今後は海外のマーケットを睨んだ対応、戦略を業界で検討することが市場拡大に有効と考えられる。これまで日本の輸出は、自動車や電機製品などがその大部分を占めてきたが、本テーマは、技術的には高いレベルにあり、海外特許出願やその保護、海外での論文発表による日本技術のアピールや海外市場環境の調査・整備、その他の海外マーケットに向けた対応が必要である。

建築・土木分野に関しては、市場の国際化はまだ十分ではなく、国際化を進めていく上で今後国際標準規格の役割は大きくなると考えられる。

国際標準規格については、EUにおける建設製品に関する欧州共同規格や EUROCODE における設計標準、材料仕様の扱い等も注視しながら、我が国も的確かつ積極的な国際標準化活動への取組みと積極的な参画がより一層必要である。

また、国内においては、JIS (ISO 対応) による規格基準を整備することで、海外進出或いは海外製品の日本で利用を国際的に通用する尺度で判断できる体制を構築することが国際化に向けて有効と考えられる (国際化に対応した規格・基準の整備)。

現在想定される海外マーケットの動向を以下に示す。

< 建築、土木分野 >

- ・ 中国においては、本分野の特許出願傾向や論文発行件数が増加している傾向にあり、2008年の四川大地震の経験を経て、免震建物のニーズが増え大きな市場となりつつある。中国の免震装置の市場においては、中国の積層ゴムメーカーや米国のオイルダンパーメーカー、イタリアの免震装置メーカーが中国の大学と共同で、マーケット開拓を行っている。一方、台湾の市場においては、日本の免震装置の品質面での信頼性が高く、ブランド化している。日本企業においては、コストの問題や商慣習の問題により、中国市場には積極的に対応していない状況であるが、品質面にこだわったマーケットが創出されれば日本の技術力が認められる可能性が高い。
- ・ 韓国においては、地震が少なく市場は小さいが、橋梁の免震化や高層建物の制振化のニーズは徐々にではあるが、増えつつある。
- ・ 米国においては、改修時期を迎えている老朽化した橋梁が多数ある。米国には免震、制振装置のメーカーは数社程度と少なく、日本企業は、参入の余地があるものと考えられる。
- ・ 欧州においては、地震が比較的多いイタリアにおいては、歴史的建造物や美術品の免震化のニーズが存在する。
- ・ その他、近年ロシア、トルコ、アルメニア、マレーシア、イラン等 30 カ国へ免震建物

の実績が広がりつつある。

提言 3：機械設備用途分野において、半導体製造装置メーカーに代表される除振メーカーはシェアの維持・拡大のため、中長期的な研究開発を大学等の協力を含めて行うことが有効であると考えられる。

機械設備用途分野において、工作機器や半導体製造装置の除振装置の日本企業の特許出願件数や論文件数は、海外企業より多く、製品の市場シェアも高い。

機械設備分野に関しては、自動車、建設機械、鉄道、化学プラント、各種製造機械分野と非常に多岐にわたっている。特に、半導体製造設備における免振・制振・除振システム技術は、半導体のさらなる微細化、高速化、高精度化の流れの中にあつて製品の品質を左右する重要基盤技術であり、世界が凌ぎを削って開発に取り組んでいる。

半導体製造装置では、空気ばねや磁気ばねを用いた3次元アクティブ制御技術などが主に用いられている。また、半導体工場など建物の多層化やロングスパン化に伴って交通振動や機械振動等が原因で床が揺れやすくなっており、この床の揺れと反対に錘をリニアモータ等により駆動し、振動を打ち消す軽量小型制振装置（錘の動きを増幅することで）なども開発され、クリーンルームの床下に設置することにより、低コストで振動対策を行ったりしている。

技術的には、日本企業と競争相手の欧米各企業との技術的レベルに大きな差はなく、成熟した技術と言え、既存技術の設計レベルでのアレンジ対応が行われており、短期的な技術のブレークスルーが求められている状況にはない。ただし、中長期的には微細化、高速化、高精度化などの流れの中で、半導体の集積度は益々高くなることが要求されており、それに伴う加工技術も今までにないブレークスルーが要求されている。この要求を満足するには、日本のものづくりの基盤技術でもある本テーマの技術力の維持向上は欠かせないものであり、中長期的な産学の連携・協力も有効であると考えられる。

近年、日本でも大学の知財活動（TLOなどの設置）が2003年以降活発になり、本テーマにおいても2003年以降企業－大学の共同出願件数は増加傾向にあるが件数が多いとはいえない。企業における中長期の基礎的な研究は、企業単独では難しくなっており、大学や研究機関とのコラボレーションが中長期的には有効であると考えられる。

表 16 日本への出願における共同出願件数（日本国籍人）

共同出願 詳細	出願 件数	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07
企-大	58	0	3	2	0	4	1	5	4	22	8	9
企-企	751	84	83	101	83	71	68	56	57	59	54	35

提言 4：原子力分野は、免震技術・制振技術の国内、海外を含めた今後の有望市場であり、これらの技術を活用すべき分野であると考えられる。このため、民間と大学等関連機関の研究開発における協力体制の構築が有効と考えられる。

今後電力需要は益々増加の一途をたどると予測される。各国の電力確保は主に、火力発電に頼っているのが実情であるが、火力発電には化石燃料を必要とすることと、CO₂排出と言う大きな問題を内在している。今後温暖化対策として期待されているのが原子力発電であるが、原子力もその扱い方、設計を誤ると大きな危険を伴うリスクを抱えている。このリスクの一つに地震による原子力機器、建物への被害が挙げられるが、このリスクを低減する方法として免震技術が有効と考えられている。

特に日本では、既存原子炉の老朽化に伴う廃炉問題や地震レベルの見直しがあり、現在次世代型原子力プラントの免震化を計画している。今後、実験プラントや商業プラントの試験施工、稼動を経て 2025 年の実用化を目指している。

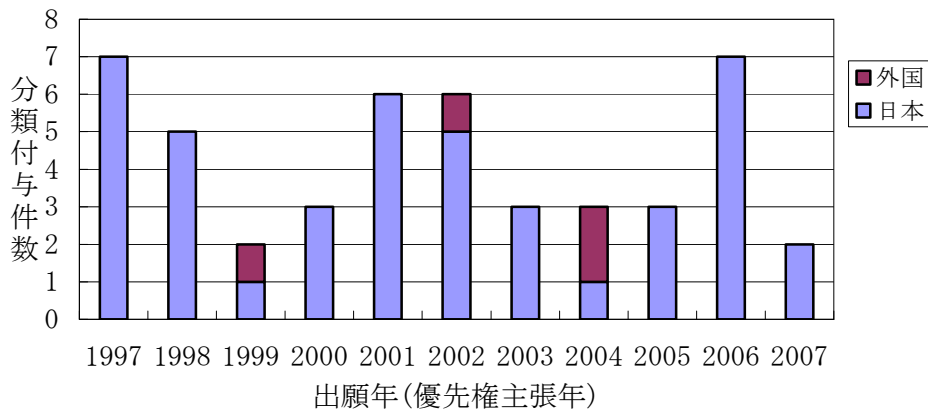
日本企業は原子力分野において機器やプラント建設、プラント運用面で高い技術を有しており、産業競争力においても米国の原子力関連企業の M&A などを通じて強化したことによって、優位なポジションにあると言える。免震技術を活用した原子力プラントは、原子力機器の標準化によるコスト低減や安全性を高めるものとして、諸外国の地震発生地域に対する、原子力プラントの受注に向けた大きな武器（国家戦略）となると考えられる。

また、国際原子力機関（IAEA）は、日本の耐震指針の内容を採り入れた新たな耐震基準案と、地震で被災した原発を復旧させる行動計画をまとめてきた（2010 年 2 月発表予定）。2007 年の新潟県中越沖地震で被災した東京電力柏崎刈羽原発での教訓が反映され、日本の原発の耐震設計が世界標準として盛り込まれている。世界各地で原発建設が加速する中、耐震基準作りや改定のひな型になることが期待されている。

このように原子力分野は今後、中長期的に本テーマの有望な市場として考えられる。機器やプラント建設のみではなく、設計基準や運転マニュアル等も含めたトータルシステムの海外輸出に対応できるような、民間企業、大学等関連機関の研究開発における協力体制の構築が市場拡大に有効と考えられる。

図 26 に原子力施設・機器用途の特許出願件数の推移を示す。全体的に件数は多くはないが、日本国籍人の出願件数の割合は高い。

図 26 原子力施設・機器用途の特許出願件数の推移



提言 5：免震技術・制振技術の更なる発展および国際競争力の増強のためには、我が国においても、実物大の装置に高速・大変形の加力が可能で、大学・研究機関および企業が利用できる大型試験装置を整備し、有効利用を図ることが重要である。

免震装置は、戸建住宅用の免震装置のように小型・軽量化が行われているものもあれば、免震建物の高層化や橋の長大化、その他大規模構造物への免震装置の適用に伴い高軸力を支持するため大型化するものもある（表 17、表 18 参照）。免震装置の開発には、装置の品質、性能（限界性能）を評価することが重要で、それも実際の地震動を模擬出来ることが基本である。縮尺模型を用いた実験・試験では、相似則や模型製作精度の問題で、十分な精度が得られないことがあり、実物大で実験・試験可能な大型試験装置が必要と考えられる。しかしながら、我が国に現存する試験設備では実物大での高速加力や水平 2 方向同時加力などの試験が出来ない状況にある。これは現存する試験設備が主に製造メーカー保有のものであり、メーカー単独では大きな設備投資に限界があることによる。今後原子力への免震技術応用等を考えるならば、用いる装置の限界や健全性評価はそのリスクを考えると非常に重要な位置付けにあると言え、そのために研究機関や大学に新たな試験設備の調達が必要である。

表 17 小型化、軽量化又は大型化に関する特許出願件数推移

年	合計	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
小型化(日本)	818	93	116	84	94	64	73	57	66	74	56	41
小型化(5カ国)	886	95	117	88	99	70	76	67	77	85	62	50
軽量化(日本)	387	45	66	41	40	33	28	22	31	22	33	26
軽量化(5カ国)	439	50	66	45	44	37	33	27	36	25	41	35
大型化(日本)	26	5	3	1	4	2	1	2	3	1	2	2
大型化(5カ国)	28	5	3	1	4	2	1	2	5	1	2	2

日本：日本への出願、5カ国：日米欧中韓への出願

表 18 大型化に関する出願（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年：1997-2007 年））

出願人国籍	出願先国	出願件数
日本籍	日本	26
	米国	1
	中国	1
外国籍	-	0
	合計	28

例えば、カリフォルニア大学サンディエゴ校（表 19 参照）、中国清華大学、台湾大学の地震工学センターには数千トンの鉛直荷重下で水平方向に数百トンの 2 方向載荷の可能な実験設備がある。日本にこのような実験装置はなく、日本の大学の中には、台湾大学の実験装置を利用して研究を行っているところもあるのが現状である。

表 19 カリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）の大型試験機 SRMD の概要

設備概要	運用等
<ul style="list-style-type: none"> ・試験装置のピットの大きさは約 24.5m x 約 11.9m x 約 6.4 で垂直荷重約 5,400ton, 縦方向荷重約 900ton、横方向荷重約 450ton。 ・6 軸の振動台で負荷プレートには、水平変位 ±1.2m、約 178cm/sec までの実地震速度を加えることが可能。 ・直径 1500mm の積層ゴムに最大面圧 28 N/mm² を載荷した状態で、せん断ひずみ 400%以上の繰り返し試験を周期 4 秒で行うことが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・カリフォルニア州運輸局において橋梁に関する試験の実施。 ・大型アイソレーション・ベアリング及び、粘性ダンパーの実大性能試験を実施可能。 ・本装置は、世界の耐震試験及び設計分野において画期的なものであり、また、カリフォルニア州の財政を約 1,300 億円以上削減できることを強く期待されている。

（出典）<http://www.mts-progress.com/gcs/seismic05.html> より