

大強度陽子加速器計画の 経済的波及効果の分析

－ 補足説明資料 －

平成12年3月1日

目 次

1. はじめに	・・・ 1
2. 大強度陽子加速器建設の経済波及効果	・・・ 1
2. 1 はじめに	・・・ 1
2. 2 検討方法	・・・ 1
2. 2. 1 産業連関分析	・・・ 1
2. 2. 2 定量化の手順	・・・ 2
(1) 最終需要の算出	・・・ 2
(2) 経済波及効果（生産誘発額）の算出	・・・ 2
2. 2. 3 検討の前提条件	・・・ 2
(1) 最終需要の算出について	・・・ 2
(2) 経済波及効果（生産誘発額）の算出について	・・・ 5
2. 3 経済的波及効果	・・・ 5
(1) 大強度加速器建設と関わる経済的波及効果	・・・ 5
(2) 運用に関わる経済的波及効果（参考）	・・・ 9
3. 大型陽子加速器利用の経済的効果 - 中性子利用の例 -	・・・ 10
3. 1 検討の考え方	・・・ 10
(1) マクロモデル解析	・・・ 10
(2) 市場予測を用いた分析	・・・ 11
3. 2 マクロ経済モデルを用いた分析	・・・ 11
(1) モデルの前提条件	・・・ 11
(2) 民間企業の研究開発全体からみた中性子関連産業の割り合い	・・・ 16
(3) 中性子利用の寄与率の考え方	・・・ 18
(4) マクロモデルによる解析結果	・・・ 22

1. はじめに

本資料は、「大強度陽子加速器計画」に関わる経済的波及効果について、大強度陽子加速器計画共同推進チームが三菱総合研究所に分析を委託して行った結果をまとめたものである。

下記の項目について検討の経緯及び結果を示す。

- (1) 大強度陽子加速器建設の経済波及効果
- (2) 大強度陽子加速器利用の社会・経済効果
・「中性子利用」の経済効果

2. 大強度陽子加速器建設の経済波及効果

2. 1 はじめに

投資という側面から「大強度陽子加速器」プロジェクトをみると、本プロジェクトは、①研究投資的側面と、②公共投資（設備投資）的側面の二つの側面を有している。後者の公共投資（設備投資）の経済的波及効果分析については、産業連関表（Input-Output Tables）による波及効果分析手法が定量化手法として確立されており、特に大規模な公共投資の効果に関して数多くの分析実績がある。ここでは、公共投資（設備投資）としての「大強度陽子加速器」の建設の経済的な波及効果を分析する。

2. 2 検討方法

2. 2. 1 産業連関分析

本調査検討では、産業連関分析により経済波及効果を算出する。一般に、産業連関表を用いた生産誘発額の算出は、以下の様な行列式で示される。

$$X = (I - A)^{-1} F \quad \dots\dots\dots (1)$$

X：生産誘発額

I：単位行列

A：投入係数行列（単位生産あたりの中間投入必要額）

F：最終需要額

なお、 $(I - A)^{-1}$ はレオンチェフ逆行列と呼ばれ、単位最終需要あたりの究極的な生産必要額を示している。

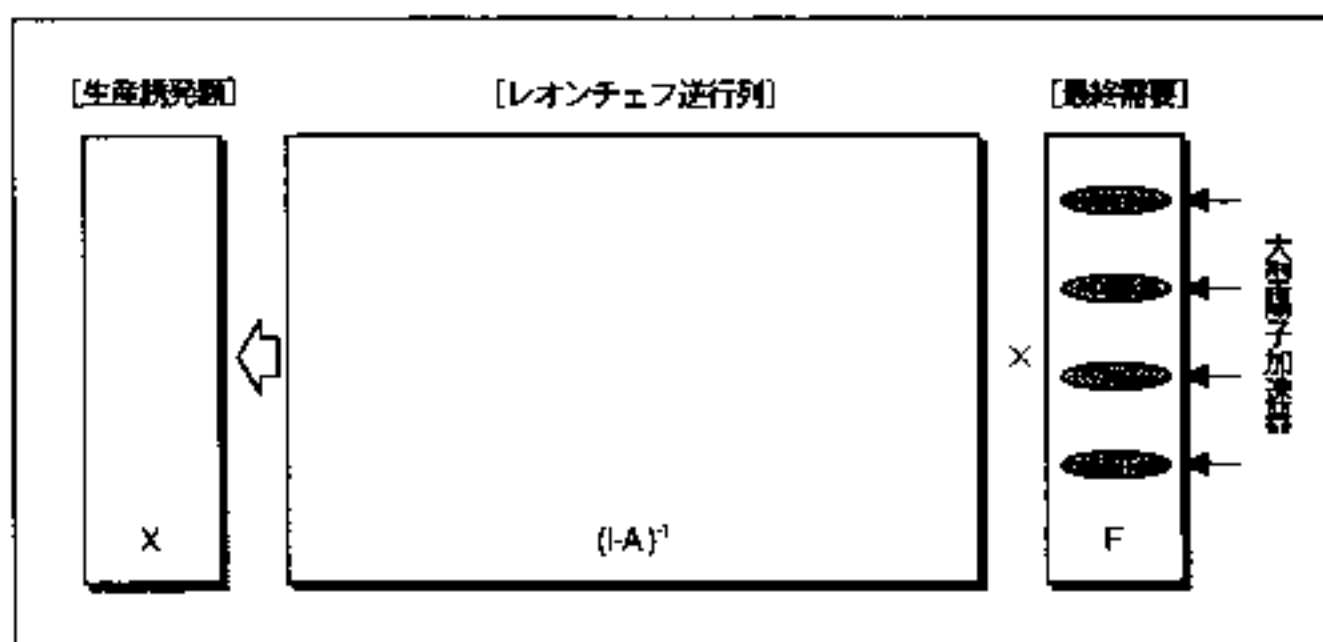


図1 産業連関表による生産誘発額算出のフロー

2. 2. 2 定量化の手順

(1) 最終需要の算出

日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構の共同チームからいただいた「大強度陽子加速器」建設計画費用見積りを、産業連関分析を行うための部門分類に区分けした。これらのデータを用いて、2001年から5年間にわたるの大型陽子加速器建設の費用を、本プロジェクトに関わる最終需要として算出した。

(2) 経済波及効果（生産誘発額）の算出

現在、公表されている最も新しい総務庁「平成7年（1995年）産業連関表」（1999年5月刊行）の最も細かい519行（403列）の産業連関表に基づいて、レオンチェフの逆行列を算出し、前項の最終需要額ベクトルを掛け合わせることで、間接的波及効果を含んだ生産誘発ベクトルを計算した。これをもって、大型陽子加速器建設の経済的な波及効果の大きさを解析した。

2. 2. 3 検討の前提条件

本調査検討では、下記を検討の前提条件とした。

(1) 最終需要の算出について

・日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構の共同チームからいただいた「大強

度陽子加速器計画費用見積内訳」を、本プロジェクトの最終需要とする。すなわち、国の研究機関である日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構の共同で、最終的な支出を行う。

- ・ 総計 1,580 億円を、2001 年度から 5 年間に均等に費用発生させるものとする。実際には、内訳別にみると年度ごとにバラツキが生じることが予測できる。しかしながら、ここでは建設費用の総額について一括して議論することにする。
- ・ 日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構の共同チームの計画費用見積もりを、表 1 の産業関連表部門分類（7 桁の分類行コード）に再配分したものをを用いる。

表1 大強度陽子加速器計画の最終需要の構成

計画建設費用の内訳			最終需要の内訳	
レベル1	レベル2	費用 (億円)	部門	費用 (億円)
加速器	前段加速器系	10	電子管 (3359-011)	5
			特殊銅鋼管 (2622-012)	5
	加速空洞	88	特殊銅鋼管 (2622-012)	88
	高周波電源	94	その他の電子部品 (3359-099)	94
	立体回路	24	配線器具 (3421-041)	24
	電磁石	122	その他の電気機械器具 (3421-099)	122
	電磁石電源	61	発電機器 (3411-011)	6
			変圧器変成器 (3411-031)	55
	ビーム入射系	11	その他の電気機械器具 (3421-099)	11
	ビーム出射系	14	その他の電気機械器具 (3421-099)	14
	真空系	52	ポンプおよび圧搾機 (3019-011)	52
	ビーム診断系	18	電気計測器 (3332-011)	18
	制御系	27	電子応用装置 (3331-011)	13
			開閉制御装置 (3411-021)	14
利用施設	ダンプ	2	普通鋼形鋼 (2621-011)	2
	陽子ビームライン	63	電子管 (3359-011)	30
			特殊銅鋼管 (2622-012)	33
	2次ビームライン	13	電子管 (3359-011)	6
			特殊銅鋼管 (2622-012)	7
	ニュートリノビームライン	10	電子管 (3359-011)	1
			特殊銅鋼管 (2622-012)	9
	中性子ビーム輸送系	7	電子管 (3359-011)	3
			特殊銅鋼管 (2622-012)	4
	中性子ターゲット	32	鋼鉄品 (2631-031)	12
			その他の非鉄金属製品 (2722-099)	20
	減速剤	10	普通鋼形鋼 (2621-011)	10
	遮蔽	89	普通鋼形鋼 (2621-011)	89
安全管理設備	遮断保守装置	17	電子応用装置 (3331-011)	17
	実験室設備	30	理化学機械器具 (3719-011)	30
	測定器	20	電気計測器 (3332-011)	20
	燃料購入	20	核燃料 (2722-041)	20
	放射線監視設備 中央制御等	15	電子応用装置 (3331-011)	8
			電気計測器 (3332-011)	7
建家	加速器施設	322	非住宅非木造建築 (4112-021)	112
			その他の土木工事 (4132-099)	200
			セメント製品 (2523-001)	10
	利用施設	310	非住宅非木造建築 (4112-021)	280
			その他の土木工事 (4132-099)	25
			セメント製品 (2523-001)	5
	基幹設備	99	非住宅非木造建築 (4112-021)	2
			その他の土木工事 (4132-099)	2
			発電機器 (3411-011)	2
			変圧器変成器 (3411-031)	75
			開閉制御装置 (3411-021)	12
			電子応用機器装置 (3331-011)	6

(2) 経済波及効果（生産誘発額）の算出について

- ・産業関連表（Input-Output Tables）として、平成7年（1995年）のものを用いる。
大強度陽子加速器の建設は、2001年から2005年にわたって行われるが、本プロジェクトの建設に関与する我が国の産業の構造は基本的には変わらないとの前提に立った計算となる。

2. 3 経済的波及効果

(1) 大強度加速器建設に関わる経済的波及効果

大強度陽子加速器建設の経済波及効果（生産誘発額）の算出結果を表2（総括表）および表3（内訳表）に示す。

大強度陽子加速器建設という1580億円の直接需要（＝国内投資）に対して、生産誘発額は3362億円となった。国内投資額に対する生産誘発額の比率は、2.25倍である。内訳でみると、「利用施設」が2.52倍で最も大きいことがわかる。

なお、仮に1580億円を全て道路関係公共事業に投入した場合の生産誘発効果は、2.00倍であった。

- ・大型陽子加速器建設（1,580億円）の経済的波及額は3,362億円であり、費用対効果は2.25倍である
- ・最も効果が高いものは利用施設建設である。（2.52倍）
- （・なお、道路関係公共事業の生産誘発効果は2.00倍である）

表2 大強度陽子加速器建設に関わる最終需要と投入による経済的波及効果

計画費用			最終需要			波及効果	費用対効果
レベル1	レベル2	費用(億円)	部門	コード番号	需要(億円)	波及(億円)	波及/需要
加速器	前段階加速器系	10	電子管	3359011	5	11.12	2.22
			特殊銅銅管	2622012	5	13.96	2.79
	加速空洞	88	特殊銅銅管	2622012	88	245.69	2.79
	高周波電源	94	その他の電子部品	3359099	94	205.25	2.18
	立体回路	24	配線器具	3421041	24	53.54	2.23
	電磁石	122	その他の電気機械器具	3421099	122	263.08	2.16
	電磁石電源	61	発電機	3411011	6	13.32	2.22
			変圧器	3411031	55	122.13	2.22
	ビーム入射系	11	その他の電気機械器具	3421099	11	23.72	2.16
	ビーム出射系	14	その他の電気機械器具	3421099	14	30.19	2.16
	真空系	52	ポンプおよび圧搾機	3019011	52	119.99	2.31
	ビーム診断系	18	電気計測器	3332011	18	41.01	2.28
	制御系	27	電子応用装置	3331011	13	30.69	2.36
			開閉制御装置	3411021	14	30.58	2.18
	ダンプ	2	普通鋼形鋼	2621011	2	5.65	2.82
	(小計)	523			523	1209.92	2.31
利用施設	陽子ビームライン	63	電子管	3359011	30	66.74	2.22
			特殊銅銅管	2622012	33	92.13	2.79
	2次ビームライン	13	電子管	3359011	6	13.35	2.22
			特殊銅銅管	2622012	7	19.54	2.79
	ニュートリノビーム	10	電子管	3359011	1	2.22	2.22
			特殊銅銅管	2622012	9	25.13	2.79
	中性子ビーム輸送系	7	電子管	3359011	3	6.67	2.22
			特殊銅銅管	2622012	4	11.17	2.79
	中性子ターゲット	32	鋼鉄品	2631031	12	24.05	2.00
			その他の非鉄金属製品	2722099	20	44.59	2.23
	減速剤	10	普通鋼形鋼	2621011	10	28.25	2.82
	遮蔽	89	普通鋼形鋼	2621011	89	251.38	2.82
	遠隔保守装置	17	電子応用装置	3331011	17	40.14	2.36
	実験装置	30	理化学機械器具	3719011	30	64.04	2.13
	測定器	20	電気計測器	3332011	20	45.57	2.28
	燃料投入	20	核燃料	2722041	20	49.78	2.49
	(小計)	311			311	784.75	2.52
安全管理	放射線監視設備	15	電子応用装置	3331011	8	18.89	2.36
	中央制御等		電気計測器	3332011	7	15.95	2.28
	(小計)	15			15	34.84	2.32
建家	加速器建設	322	非住宅非木造建築	4112021	112	233.80	2.09
			その他の土木工事	4132099	200	413.69	2.07
			セメント製品	2523011	10	19.64	1.96
	利用施設	310	非住宅非木造建築	4112021	280	584.50	2.09
			その他の土木工事	4132099	25	51.71	2.07
			セメント製品	2523011	5	9.82	1.96
	機関設備	99	非住宅非木造建築	4112021	2	4.18	2.09
			その他の土木工事	4132099	2	4.14	2.07
			発電機	3411011	2	4.44	2.22
			変圧器	3411031	75	166.54	2.22
			開閉制御装置	3411021	12	26.21	2.18
			電子応用装置	3331011	6	14.17	2.36
	(小計)	731			731	1532.84	2.10
合計		1580			1580	3562.35	2.25

[参考計算例]

事業	部門	コード番号	需要(億円)	波及(億円)	波及/需要
道路関係公共事業	道路関係公共事業	4131011	1580	3155.56	2.00

表3 大強度陽子加速器建設に係わる経済波及先（上位10部門）

レベル1	部門	コード番号	波及（億円）	全波及（億円）
加速器	その他の電気機械器具	3421099	155.59	
	その他の電子部品	3359099	131.59	
	特殊鋼鋼管	2622012	95.61	
	ポンプ及び圧縮機	3019011	58.63	
	変圧器・変成器	3411031	58.51	
	卸売	6111011	45.06	
	企業内研究開発	8222011	36.40	
	配線器具	3421041	32.68	
	普通鋼鋼帯	2621013	27.26	
	粗鋼（転炉）	2611031	24.41	
計			665.74	1209.92
利用施設	普通鋼形鋼	2621011	99.06	
	粗鋼（転炉）	2611031	55.13	
	特殊鋼鋼管	2622012	54.45	
	電子管	3359011	40.88	
	理化学機械器具	3719011	32.15	
	粗鋼（電気炉）	2611041	29.01	
	鉄鉄	2611011	27.33	
	卸売	6111011	24.06	
	電気計測器	3332011	21.19	
	その他の非鉄金属製品	2722099	21.18	
計			404.43	784.75
安全管理設備	電子応用装置	3331011	8.77	
	電気計測器	3332011	7.42	
	その他の電子部品	3359099	3.26	
	企業内研究開発	8222011	1.69	
	集積回路	3341012	1.57	
	卸売	6111011	1.41	
	民間金融（帰属利子）	6211012	0.42	
	事業用電力	5111001	0.38	
	電子管	3359011	0.37	
	産業用機械器具（除建設機械器具）賃貸業	8513011	0.35	
計			25.65	34.84
建家	非住宅建築（非木造）	4112021	394.00	
	その他の土木建設	4132099	227.00	
	変圧器・変成器	3411031	79.86	
	卸売	6111011	76.44	
	建設用金属製品	2811011	39.42	
	建築用金属製品	2812011	28.65	
	セメント製品	2523011	27.46	
	土木建築サービス	8519031	27.45	
	道路貨物輸送	7122011	24.79	
	民間金融（帰属利子）	6211012	20.84	
計			945.91	1532.84
全体	非住宅建築（非木造）	4112021	394.00	
	その他の土木建設	4132099	227.00	
	その他の電気機械器具	3421099	159.21	
	その他の電子部品	3359099	152.88	
	特殊鋼鋼管	2622012	150.60	
	卸売	6111011	146.96	
	変圧器・変成器	3411031	138.56	
	普通鋼形鋼	2621011	104.16	
	粗鋼（転炉）	2611031	90.21	
	企業内研究開発	8222011	66.84	
計			1630.43	3562.35

表 3-A 加速器建設に係わる経済波及先（上位 30 部門）

レベル1	部門	コード番号	波及（億円）	全波及（億円）
加速器	その他の電気機械器具	3421099	155.59	*
	その他の電子部品	3359099	131.59	*
	特殊鋼鋼管	2622012	95.61	*
	ポンプ及び圧縮機	3019011	58.63	*
	変圧器・変成器	3411031	58.51	*
	卸売	6111011	45.06	
	企業内研究開発	8222011	36.40	
	配線器具	3421041	32.68	*
	普通鋼鋼帯	2621013	27.26	*
	粗鋼（転炉）	2611031	24.41	*
	その他の非鉄金属地金	2711099	23.95	
	特殊鋼熱間圧延鋼材	2621016	20.38	
	事業用電力	5111001	20.31	
	電気計測器	3332011	19.42	*
	開閉制御装置及び配電盤	3411021	16.94	*
	民間金融（附属利子）	6211012	14.99	
	電子応用装置	3331011	14.31	*
	粗鋼（電気炉）	2611041	13.02	
	非鉄金属鉱物	611012	12.66	
	鉄鉄	2611011	12.11	
	電線・ケーブル	2721011	11.36	
	工業用プラスチック製品	2211014	11.22	
	分類不明	9000000	10.87	
	冷間仕上鋼材	2623011	9.84	
	道路貨物輸送	7122011	9.49	
	機械修理	8516101	8.99	
	産業用器具（除建設機械器具）賃貸業	8513011	8.23	
	不動産賃貸業	6411021	7.63	
	非住宅建築（木造）	4121011	7.55	
	その他の対事業所サービス	8519099	7.25	
計			926.25	1209.92

（注）＊：最終需要の品目

(2) 運用に関わる経済的波及効果 (参考)

大強度加速器の運用に関して、最終需要を「参考表 1」のように設定し、産業連関分析により、経済的波及効果を「参考表 2」のように求めた。

参考表 1 大強度陽子加速器運用に係わる最終需要と投入による経済的波及効果

計画費用 (仮定)			最終需要		波及効果	費用対効果
レベル1	レベル2	費用 (億円)	部門	コード番号	波及 (億円)	波及/費用
電力		700	事業用電力	5111001	1272.23	1.82
人件費 (依頼)		100	国立自然科学研究機関	8221011	140.20	1.40
施設維持費	加速器	350.00			809.70	2.31
	利用施設	250.00			630.83	2.52
	安全管理設備	20.00			46.45	2.32
	建家	80.00			167.75	2.10
	小計	700.00			1654.73	2.36
合計		1500.00			3067.16	2.04

参考表 2 大強度陽子加速器運用に係わる経済波及先 (上位 10 部門)

レベル1	部門	コード番号	波及 (億円)	全波及 (億円)
電力	事業用電力	5111001	785.21	
	機械修理	8516101	39.60	
	建設補修	4121011	39.56	
	天然ガス	721012	26.47	
	民間金融 (帰属利子)	6211012	23.18	
	卸売	6111011	21.15	
	原油	721011	20.73	
	B重油・C重油	2111016	16.56	
	公的金融 (帰属利子)	6211011	14.36	
	その他の対事業所サービス	8519099	13.58	
計			1000.39	1272.23
人件費 (依頼)	自然科学研究機関	8221011	100.00	
	事業用電力	5111001	4.69	
	その他の対事業所サービス	8519099	3.32	
	土木建築サービス	8519031	3.15	
	上水道・簡易水道	5211011	1.83	
	卸売	6111011	1.63	
	機械修理	8516101	1.37	
	分類不明	6211012	1.19	
	民間金融 (帰属利子)	9000000	1.15	
	印刷・製版・製本	1911021	1.07	
計			119.40	140.20
施設維持費	特殊鋼鋼管	2622012	107.81	
	その他の電気機械器具	3421099	105.54	
	その他の電子部品	3359099	103.83	
	普通鋼形鋼	2621011	81.35	
	粗鋼 (転炉)	2611031	61.87	
	卸売	6111011	59.74	
	変圧器・変成器	3411031	48.08	
	非住宅建築 (非木造)	4112021	43.12	
	企業内研究開発	8222011	40.40	
	電気計測器	3332011	40.02	
計			691.74	1654.73

3. 大型陽子加速器利用の経済的効果 - 中性子利用の例 -

3. 1 検討の考え方

前述のように、投資という側面から大強度陽子加速器建設プロジェクトをみると、本プロジェクトは、①研究投資的側面と、②公共投資（設備投資）的側面の二つの側面を有している。後者は前章で議論した。

我が国では近年、政府研究投資の早期倍増が近年の科学技術政策の重要課題の一つになっており、厳しい財政事情の中で拡張されつつある政府研究投資がどのような経済波及を持ち得るかは政策担当者が強い関心を寄せる問題である。しかしながら、政府の研究開発投資の経済効果予測には、①研究開発は不確実性の高い経済活動である、②研究開発の成果が価値をもたらすまでのプロセスに種々の未知要因がある、③国が行う研究開発投資は基礎的、科学的であり不確実性は一層高いという本質的な困難さがある。このため、研究投資の定量的な経済的波及効果分析については、まだ手法が完全に確立されているとはいえない。

科学技術庁科学技術政策研究所などにおいて、技術知識ストックと生産関数を用いて、研究投資の経済的効果を測定する手法が考案されている。これは研究投資額を累積し、毎年一定の減耗（技術陳腐化）を施して、技術知識ストックと呼ばれる定量的指標を作成し、この指標を組み込んだ生産関数（資本、労働、技術等の投入資源と GDP 等の産出との関係を規定する関数）を同定し、この関数に基づいて研究投資の経済成果に対する投資効果を測定するものである。しかしながら、この手法には過去の長期間の時系列データが必要であるため、日本全体あるいは産業レベルでのマクロな研究投資効果の測定には有効であるが、本プロジェクトのような個別の研究プロジェクトの投資効果の測定においては、生産関数の同定自体が困難であるという問題がある。本調査検討では、このような極めて困難な分析に挑戦する作業であることは予め明記したい。ここでは、いくつかの手法を組み合わせる複眼的な視点から解析を行う。

（1）マクロモデル解析

- ・政府研究開発投資（高強度中性子散乱施設の建設）が公的知識ストックとなり、民間研究開発を刺激するという科学技術政策研究所で実績のある「マクロ経済モデル」をベースとする。

（この前提は、国レベルないし産業レベルでの多くの分析で採用されているが、今回の適用については十分な検証が必要である。特に、中性子利用の限定化に関しては別の視点から議論する。）

- ・マクロ経済分析において、中性子の応用という観点からは、①アンケート調査の結果を踏まえて、関連産業ないし関連製品を特定する、②特定の製

品の関連産業の R & D に公的知識ストックが流れる、さらに、③このうち個別に中性子の寄与率を評価する、との考え方に立つ。したがって、高強度中性子散乱施設利用（政府研究開発投資）が及ぼす経済波及分野を数値的な配分で示すとの仮説に立って分析する。

（２）市場予測を用いた分析

- ・中性子関連産業の関連製品の市場を予測し、中性子の寄与率をマーケットの側面から議論する。

3. 2 マクロ経済モデルを用いた分析

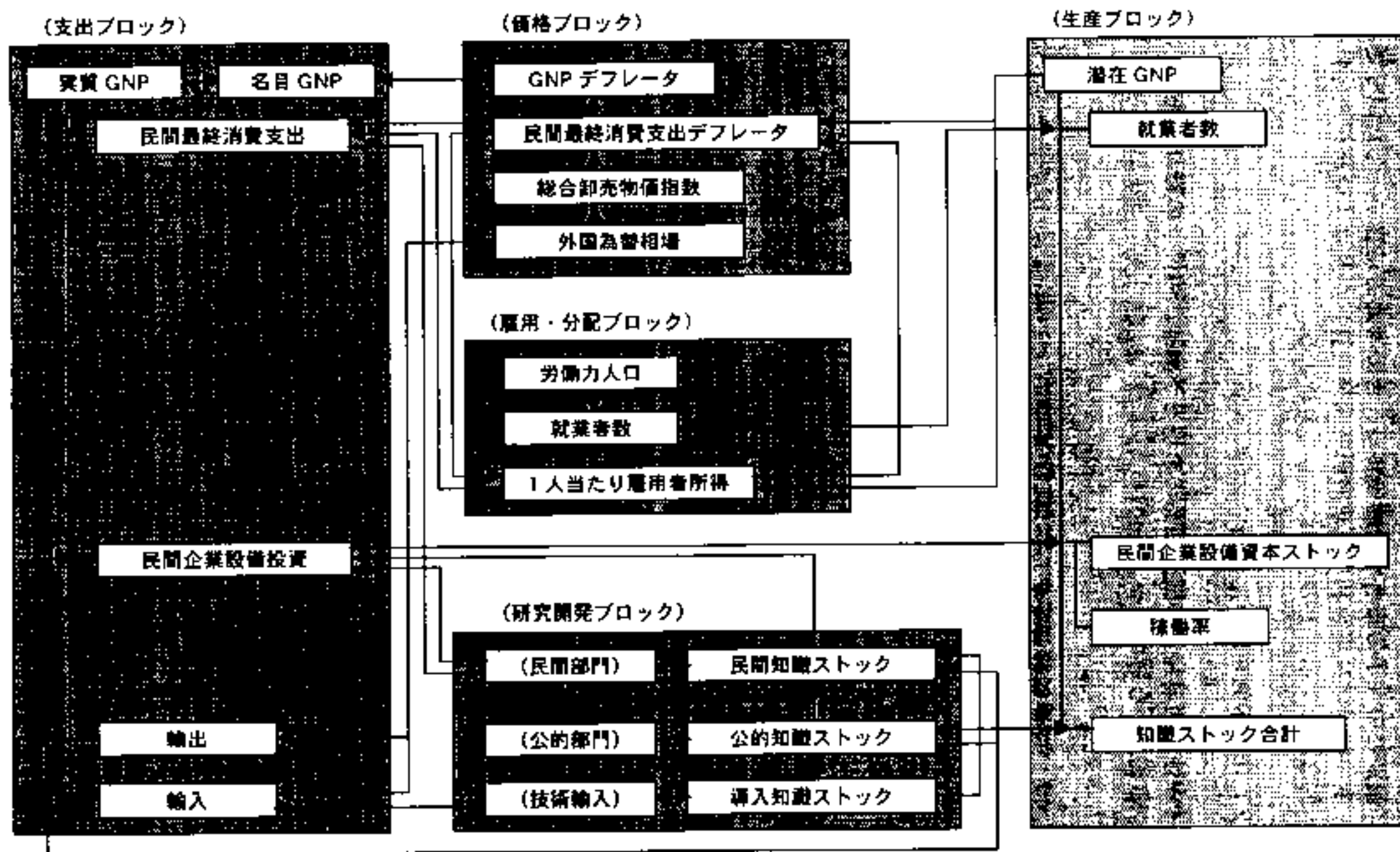
（１）モデルの前提

- ・図 3 に示す「マクロ経済モデル」を基本に据える。このモデルのベースは、科学技術庁政策研究所において開発されたものである。なお、三菱総合研究所の研究成果を踏まえ、中性子においても一般の科学技術と同様に公的知識ストックの陳腐化率 10.3%、タイムラグを 8 年とする。

（出典）三菱総合研究所「日米テクノストックの定量的評価皮革に関する調査研究」（1991）。

- ・国の新たな研究開発投資を加速器建設分として 1580 億円とし、2001 年から 5 年間で均等に投資するものとする。また「運用費」は、年間 150 億円と見積る。
- ・1580 億円（建設費）および 150 億円（運用費／年間）の追加研究開発投資による公的知識ストックが、中性子関連産業のみに波及すると考える。マクロモデルでは、個別の産業を区別することはできない。ここでは、中性子利用が「研究開発」としての応用であることから、インパクトパラメータとしては、全産業に占める中性子関連産業の研究開発費用の比率で按分することにする。これがインパクトパラメータの目安と考えられる。厳密にはこれに中性子の想定寄与率を掛けることになる。
- ・GNP の規模の差異（1580 億円÷150 億円×年数の中性子関連施設としての追加研究投資の有無による差異）により経済効果を評価する。

図3 マクロ経済モデルフローと解析式



<同時方程式体系>

[生産ブロック]

- (1) $PTGNP = \text{EXP}(-1.398 + 0.301041 \text{LOG}(KP * 100) + 0.698959 \text{LOG}(L) + 0.164190 \text{LOG}(KST))$
- (2) $KP = 2276.46 + 0.889071 KP(1) + IP$
- (3) $DSGAP = PTGNP / GNP$

[支出ブロック]

- (4) $GNP = CP + CG + IH + IP + IG + JP + JG + EX - M$
- (5) $GNP.N = GNP * P / 100$
- (6) $CP = 7025.43 + 32.6200 \text{DEL}(W) + 0.988854 CP(1) - 958.229 \text{DOT}(PC)$
- (7) $IH = -6506.25 + 325.0559 W / PC - 473.6579 (\text{INTN} - \text{DOT}(PC)) + 0.693564 IH(1) + 2982.10 \text{DUM8687}$
- (8) $IP = -74452.2 + 0.485197 \text{DEL}(GNP) + 4485.61 \text{LOG}(PRKST) + 0.860771 IP(1) + 3264.34 \text{DUM8890}$
- (9) $\text{LOG}(EX) = -15.2832 + 0.382447 \text{LOG}(EXR) + 1.36014 \text{LOG}(PRKST + PUKST)$
- (10) $M = 18397.8 - 51.2782 EXR + 0.820615 M(1)$

[雇用・分配ブロック]

- (11) $L = 187.5354 + 0.944916 NL$
- (12) $LW = -434.8323 + 29.0549 W / PC + 0.826775 LW(1)$
- (13) $W = -1982.98 + 32.8361 PC + 48.6457 PTGNP / L + 62.4846 \text{DUM8890}$

[価格ブロック]

- (14) $P = 9.00788 + 0.906353 PC$
- (15) $PC = 28.6446 - 0.330384 PTGNP(1) / L(1) + 0.157533 WPI + 0.017182 W(1)$
- (16) $PRD = -2.66788 + 0.999793 PC$
- (17) $WPI = 10.8896 + 0.027077 EXR + 0.843497 WPI(1)$
- (18) $\text{INTN} = 1.94719 + 0.573701 \text{INTORA} + 0.290853 \text{INTN}(1)$

[研究開発ブロック]

- (19) $KST = PRKST + PUKST + 1MKST$

<民間部門>

- (20) $PRRDL = -1969162 + 15.8162 CP + 3.71988 PRP$
- (21) $PRRDM = -3144554 + 10.5257 PRP$
- (22) $PRRDC = 7066654 + 31252.9 PRRDC(1) / IP(1) - 7623487 DSGAP(1) + 0.116075 PUKST$
- (23) $PRRDT = PRRDL + PRRDM + PRRDC$
- (24) $PRKST = 0.898 * PRKST(1) + PRRDT(4)$
- (25) $PRP = -78295.0 + 3671.18 PRP(1) / LW(1) + 0.004939 PRKST$

〈公的部門〉

$$(26) \text{ PURDL} = \text{PURDL.N} / \text{PRD} * 100$$

$$(27) \text{ PURDM} = \text{PURDM.N} / \text{PRD} * 100$$

$$(28) \text{ PURDC} = \text{PURDC.N} / \text{PRD} * 100$$

$$(29) \text{ PURDT} = \text{PURDL} + \text{PURDM} + \text{PURDC}$$

$$(30) \text{ PUKST} = 0.897 * \text{PUKST}(1) + \text{PURDT}(8) *$$

$$(31) \text{ PUP} = 41458.9 + 0.026349 \text{PURDL.N} + 0.670376 \text{PUP}(1)$$

〈技術輸入〉

$$(32) \text{ TECHIM.N} = 33914.9 + 1.74782 \text{M} + 0.671533 \text{TECHIM.N}(1)$$

$$(33) \text{ TECHIM} = \text{TECHIM.N} / \text{PRD} * 100$$

$$(34) \text{ IMKST} = 0.898 * \text{IMKST}(1) + \text{TECHIM}$$

(注) LOG : 自然対数、EXP : e の指数値、DOT : 対前期比伸び率、
DEL : 対前期比増分、(1)等はラグの期数を示す。

変数一覧

変数名		項 目
国民経済計算	GNP	実質国民総生産
	CP	実質民間最終消費支出
	CG	実質政府最終消費支出
	IH	実質民間住宅投資
	IP	実質民間企業設備投資
	IG	実質公的固定資本形成
	JP	実質民間企業在庫投資
	JG	実質公的企業在庫投資
	EX	実質輸出と海外からの所得
	M	実質輸入と海外への所得
	GNP.N	名目国民総生産
	W	名目1人当たりの雇用者所得
	PTGNP	潜在国民総生産
デフレーター	P	国民総生産デフレーター
	PC	民間最終消費支出デフレーター
	WPI	総合卸売物価指数
	PRD	研究開発費デフレーター
資本ストック	KP	実質民間企業設備資本ストック
	ROMA	稼働率指数（製造業）
労働	L	就業者数
	NL	労働力人口
	LW	雇用者数
金融	INTN	全国銀行貸出約定平均金利
	INTORA	公定歩合
研究開発	PRRDL	実質民間研究開発人件費
	PRRDM	実質民間研究開発原材料費
	PRRDC	実質民間研究開発設備投資
	PRRDT	実質民間研究開発費総額
	PRP	民間部門研究者数
	PURDL.N	名目公的研究開発人件費
	PURDM.N	名目公的研究開発原材料費
	PURDC.N	名目公的研究開発設備投資
	PURDL	実質公的研究開発人件費
	PURDM	実質公的研究開発原材料費
	PURDC	実質公的研究開発設備投資
	PURDT	実質公的研究開発費総額
	PUP	公的部門研究者数
技術輸入	TECHIM.N	名目技術輸入額
	TECHIM	実質技術輸入額
知識ストック	KST	実質知識ストック合計
	PRKST	実質民間知識ストック
	PUKST	実質公的知識ストック
	IMKST	実質導入知識ストック
その他	EXR	外国為替相場（東京）円
	DUM8687	ダミー（86年、87年=1）
	DUM8890	ダミー（88年～90年=1）

注1) 研究開発原材料費は「その他の経費」を含む

2) 研究開発費には人文・社会科学のデータを含む

(2) 民間企業の研究開発全体からみた中性子関連産業の割り合い

①中性子利用が有望な産業ないし製品群

平成 10 年度日本原子力研究所委託調査において実施した、潜在ユーザーも含む中性子利用者に対するアンケート等に基づいて、中性子利用の効果が期待される産業分野を抽出した。

- | | |
|-----------|-----------------------------------|
| ・ 材料分野 | |
| ・ 構造材料 | ：セメント製品、陶磁器、プラスチック鋼管、鋳鍛造品、建設用金属製品 |
| ・ 触媒材料 | ：触媒 |
| ・ 超電導材料 | ：電動機 |
| ・ エネルギー材料 | ：電動機、電池 |
| ・ 磁性材料 | ：磁気製品 |
| ・ 電子材料 | ：半導体素子集積回路 |
| ・ 繊維材料 | ：製糸、化学繊維、合成樹脂 |
| ・ バイオ分野 | |
| ・ DNA 関連 | ：医薬品 |
| ・ タンパク質 | |
| ・ 生体メカニズム | |
| ・ 機械分野 | ：自動車用内燃機関、電動機、化学機械 |
| ・ 自動車 | |
| ・ 化学プラント | |
| ・ マイクロマシン | |
| ・ その他 | |
| ・ 放射性物質製造 | ：核燃料 |
| ・ 環境計測、 | など |

②中性子の関連する民間の研究開発分野の比率の試算

平成 7 年度の産業連関表を用いて、民間企業の R&D 投資からの内訳から、研究開発投資の立場からみた中性子産業の占める割合を算出した。

産業界全体の企業内研究開発投資：9,145,081 百万円

中性子関連産業の研究開発投資： 2,817,945 百万円

研究開発投資額からみた全産業中において中性子関連産業の占める割合：30.81%

表 4 中性子利用関連産業分野の研究開発投資

(百万円)

産業分類	分類コード	研究開発費	平成7年度生産額
紡績糸	1511-02	986	501,478
熱硬化性樹脂	2041-01	20,092	518,751
熱可塑性樹脂	2041-02	46,486	1,574,358
高機能性樹脂	2041-03	20,308	518,670
その他の合成樹脂	2041-09	10,243	444,875
合成繊維	2051-02	18,364	598,992
医薬品	2061-01	876,544	6,288,330
石鹸・合成洗剤	2071-01	61,670	811,848
化粧品・歯磨	2071-01	126,576	1,554,458
触媒、その他	2079-09	31,346	95,698
石油製品	2111-01	47,154	3,854,620
プラスチック製品	2211-01	156,281	15,983,757
セメント製品	2523-01	35,003	2,021,141
陶磁器	2531-01	21,552	713,874
耐火物	2599-01	12,096	302,559
その他の建設用土石製品	2599-02	1,578	315,819
炭素・黒鉛製品	2599-09	9,380	208,547
鋼管	2622-01	17,537	1,024,342
鋼鉄管	2631-01	6,741	3,016,847
鋳鉄品	2631-02	7,719	1,409,722
鍛工品(鉄)	2631-03	8,084	1,557,081
核燃料	2722-04	1,913	212,185
建設用金属製品	2811-01	27,649	3,222,188
化学機械	3022-01	24,126	1,188,301
半導体素子	3341-01	387,067	885,769
液晶素子	3359-02	43,863	601,287
磁気テープ・磁気ディスク	3359-03	9,656	475,471
電動機	3411-01	67,540	1,196,905
電池	3421-02	41,028	746,833
自動車車体	3541-01	30,171	1,943,441
自動車用内燃機関・ 同部分品	3541-02	194,482	5,066,279
自動車部品	3541-03	454,710	15,196,523
合計		2817,945	74,050,949
全産業(参考)		9145,081 (30.81%)	937,100,600 (7.90%)

(3) 中性子利用の寄与率の考え方

「中性子利用」という研究開発のためのツールとしての「新技術」が、どのように波及するかを評価することは極めて難しい。ここでは、もう一度産業連関分析の式を眺めなおして中性子利用の寄与率を考察する。

前述のように、産業連関表を活用した生産誘発額の算出式は、次のような行列式で表される。

$$X = (I - A)^{-1}F \quad \dots\dots\dots (1)$$

X：生産誘発額

I：単位行列

A：投入係数行列（単位生産あたりの中間投入必要額）

F：最終需要額

この式の中で新技術の開発により影響を受けるのは、F（最終需要）と A（投入係数）である。すなわち、新技術の開発により生み出された新製品等により、新しい需要を創出するケースが前者であり、生産性向上や原材料代替等により、中間投入や中間需要の構成等が変化するケースが後者になる。このような前提を踏まえて、生産誘発額を算出するためのデータ設定方法として表5の7つのケースが考えられる。

これらの設定により得られる生産誘発額は、新技術によりもたらされる定量的波及効果として位置づけることができる。これらを中性子利用の視点で厳しくみて整理すると、表6のようになる。ここで、表6中の R&D 寄与率を考えると、表7に示すように中性子利用の寄与率は厳しくみて 2.44%となる。

表5 産業連関的な視点からみた新技術の波及効果

新技術による波及効果		生産誘発額算出のためのデータ設定方法	
最終需要 (F) の変化	新製品需要の創出	(A) 新製品の内容が従来型製品と類似する場合	新需要を同部門の F (消費・輸出) に最終需要として設定
		(B) 新製品の内容が従来型製品と全く異なる場合	新製品の生産水準に見合った部門別投入額を別途算出し、F に最終需要として設定
	新製品の普及による派生製品需要の創出	(C) 派生製品の内容が従来型製品と類似する場合	派生製品需要を同部門の F (消費・輸出) に最終需要として設定
		(D) 派生製品の内容が従来型製品と全く異なる場合	派生製品の生産水準に見合った部門別投入額を別途算出し、F に最終需要として設定
	代替製品の消失	(E) 消失需要を同部門の F にマイナスの最終需要として設定	
投入係数 (A) の変化	新技術による生産性向上等による原材料等中間投入率の向上	(F) 中間投入の変化率を表す行ベクトルの作成 なお、中間投入率の向上により、付随的に製品の需要増が見込める場合は、当該部門の F に増分を設定	
	新技術の適用等による原材料等中間需要の代替	(G) 中間需要の変化率を表す列ベクトルの作成 なお、中間需要の代替により、付随的に製品の需要増が見込める場合は、当該部門の F に増分を設定	

表 6 産業連関的な視点から新技術として捉えた「中性子利用」の波及のマッピング（試案）

新技術による波及効果			中性子利用関連産業へのインパクト例	関連産業分野	寄与率
最終需要 (F) の変化	新製品需要の創出	(A) 新製品の内容が従来型製品と類似する場合	・新薬改良薬の製造	A	15%
		(B) 新製品の内容が従来型製品と全く異なる場合	・新しいソフトマテリアルの創製 ・新型磁気デバイスの創製	B	30%
	新製品の普及による派生製品需要の創出	(C) 派生製品の内容が従来型製品と類似する場合	・新しいタイプの日用品・家電品の普及	C	5%
		(D) 派生製品の内容が従来型製品と全く異なる場合	-	D	-
	(E) 代替製品の消失		-	E	-
投入係数 (A) の変化	(F) 新技術による生産性向上等による原材料等中間投入率の向上		・機械の検査技術の向上	F	1%
	(G) 新技術の適用等による原材料等中間需要の代替		-	G	-

表7 中性子利用関連産業分野の研究開発投資

(百万円)

産業分類	分類コード	産出額	タイプ	中性子関連想定分
紡績糸	1511-02	986	B	296
熱硬化性樹脂	2041-01	20,092	B	6,028
熱可塑性樹脂	2041-02	46,486	B	13,946
高機能性樹脂	2041-03	20,308	B	6,092
その他の合成樹脂	2041-09	10,243	B	3,073
合成繊維	2051-02	18,364	B	5,509
医薬品	2061-01	876,544	A	131,482
石鹼・合成洗剤	2071-01	61,670	C	3,083
化粧品・歯磨	2071-01	126,576	C	6,329
塗料、その他	2079-09	31,346	C	1,567
石油製品	2111-01	47,154	C	2,358
プラスチック製品	2211-01	156,281	C	7,814
セメント製品	2523-01	35,003	F	350
陶磁器	2531-01	21,552	F	216
耐火物	2599-01	12,096	F	121
その他の建設用土石製品	2599-02	1,578	F	16
炭素・黒鉛製品	2599-09	9,380	F	94
鋼管	2622-01	17,537	F	175
鋼鉄管	2631-01	6,741	F	67
鋼鉄品	2631-02	7,719	F	77
鍛工品（鉄）	2631-03	8,084	F	81
核燃料	2722-04	1,913	A	287
建設用金属製品	2811-01	27,649	F	276
化学機械	3022-01	24,126	F	241
半導体素子	3341-01	387,067	C	19,353
液晶素子	3359-02	43,863	C	2,193
磁気テープ・磁気ディスク	3359-03	9,656	B	2,896
電動機	3411-01	67,540	F	675
電池	3421-02	41,028	C	2,051
自動車車体	3541-01	30,171	F	301
自動車用内燃機関・ 同部分品	3541-02	194,482	F	1,948
自動車部品	3541-03	454,710	F	4,547
合計		2817,945		223,542
全産業（参考）		9145,081		2.44%

(4) マクロモデルによる解析結果

①内挿試験

大強度陽子加速器の建設に伴う中性子利用の経済的波及効果を調べるために、科学技術庁 科学技術政策研究所が、政府研究開発投資の経済効果を予測するために開発した同時方程式モデル（マクロ経済モデル）を用いてシミュレーションを行った。マクロモデルの方程式および入力データは、永田晃也著「マクロモデルによる政府研究開発投資の経済効果」（1998年3月 科学技術庁 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER NO.5）を参照した。

モデルの妥当性は、永田によってなされており、ファイナルテスト¹⁾の実質 GNP の誤差率が 1.89%にとどまるので、本モデルは中長期的な予測シミュレーションに耐えうるものであると判断されている²⁾。

実際に内挿テストを行い、今回用いたマクロモデルが 1980 年から 1990 年の実績値とよく一致することを確認した（図 4）。

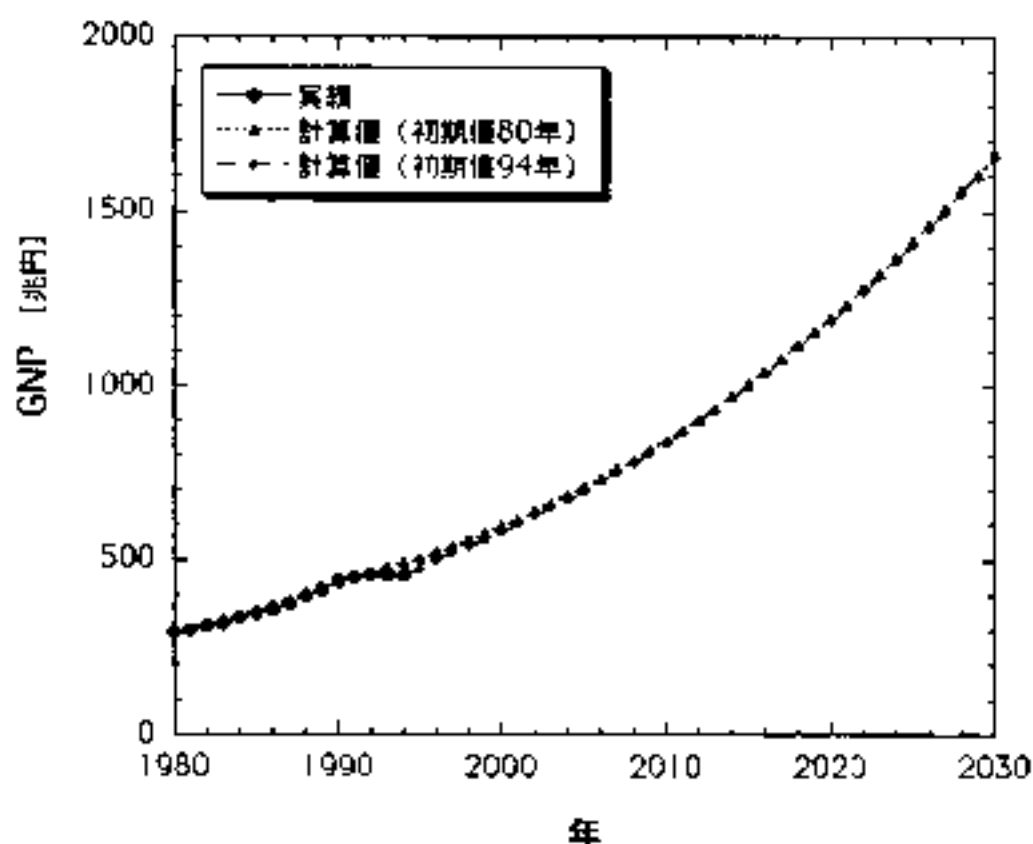


図 4 マクロ経済モデルの計算値

- 1) 外生変数以外は実績値を代入せず、内生変数はすべてモデル内で同時決定する。モデル全体の動力学パフォーマンスまでチェックする、内挿テストでは最も厳しいテストである。
- 2) 通常、GNP のような主要な項目については誤差率は 2～3% 以内にあることがモデルの評価基準となっている。

②中性子利用の経済効果

マクロモデルにより、加速器の建設と運用に伴う経済的波及効果を調べた。加速器建設の期間を2001年から2005年、運用期間を2006年から2016年と仮定して計算を行った。建設期間中には毎年316億円（5年間総額：1580億円）、運用期間中には毎年150億円（10年間総額：1500億円）投入されるとした。産業への寄与率を30.81%とした場合と2.24%とした場合の2ケースについて計算した結果を以下に示す。中性子利用の研究施設建設・利用の効果は2009年から出はじめ、30.81%の場合には年間約2500億円、2.24%の場合には年間約200億円の効果をもたらすことが表8、表9からわかる。

表8 マクロ経済モデルによるテスト計算結果
(中性子寄与率を30.81%とした場合)

年	計算値 (初期値94年)	計算値 〔初期値94年〕 建設：1580億円 運用：1500億円	建設と運用による 効果	建設と運用による 効果 (累計値)	計算値 (初期値94年) 建設：1580億円	建設による効果	建設による効果 (累計値)
2000	5781681.71	5781681.71	0	0	5781681.71	0	0
2001	6004386.46	6004386.46	0	0	6004386.46	0	0
2002	6238051.37	6238051.37	0	0	6238051.37	0	0
2003	6482870.4	6482870.4	0	0	6482870.4	0	0
2004	6731712.79	6731712.79	0	0	6731712.79	0	0
2005	6986690.71	6986690.71	0	0	6986690.71	0	0
2006	7249661.52	7249661.52	0	0	7249661.52	0	0
2007	7521597.19	7521597.19	0	0	7521597.19	0	0
2008	7801985.79	7801985.79	0	0	7801985.79	0	0
2009	8090469.58	8090652.89	183.31	183.31	8090652.89	183.31	183.31
2010	8385075.06	8385532.47	457.41	640.72	8385532.47	457.41	640.72
2011	8685512.5	8686273.5	761	1401.72	8686273.5	761	1401.72
2012	8997901.03	8998958.23	1057.2	2458.92	8998958.23	1057.2	2458.92
2013	9323578.17	9324927.24	1349.07	3807.99	9324927.24	1349.07	3807.99
2014	9662300.66	9663842.54	1541.88	5349.87	9663750.83	1450.17	5258.16
2015	10011552.9	10013241.9	1689	7038.87	10013013.8	1460.9	6719.06
2016	10369597.5	10371418.5	1821	8859.87	10371040	1442.5	8161.56
2017	10736456.5	10738411.1	1954.6	10814.47	10737886.6	1430.1	9591.66
2018	11112508.8	11114594.2	2085.4	12899.87	11113926.6	1417.8	11009.46
2019	11498040.5	11500249.8	2209.3	15109.17	11499439.1	1396.6	12406.06
2020	11893905.3	11896231.9	2326.6	17435.77	11895277.6	1372.3	13780.36

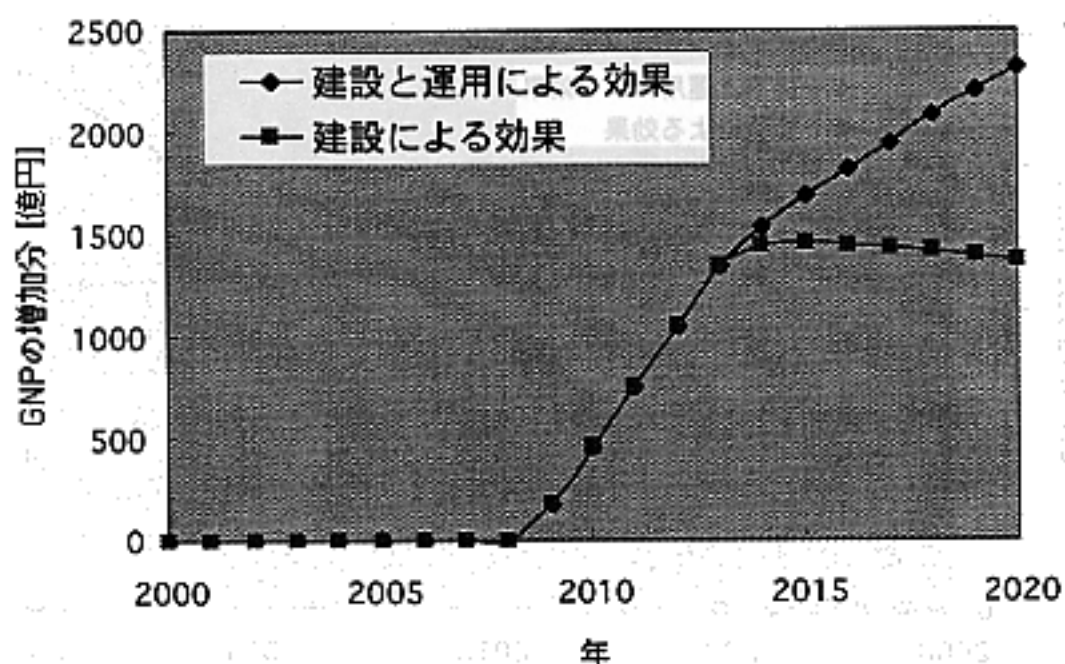
(単位：億円)

表9 中性子の寄与を2.44%とした場合の波及効果

年	計算値 (初期値94年)	計算値 (初期値94年) 建設：1580億円 運用：1500億円	建設と運用による 効果	建設と運用による 効果 (累計値)	計算値 (初期値94年) 建設：1580億円	建設による効果	建設による効果 (累計値)
2000	5781681.71	5781681.71	0	0	5781681.71	0	0
2001	6004386.46	6004386.46	0	0	6004386.46	0	0
2002	6238051.37	6238051.37	0	0	6238051.37	0	0
2003	6482870.4	6482870.4	0	0	6482870.4	0	0
2004	6731712.79	6731712.79	0	0	6731712.79	0	0
2005	6986690.71	6986690.71	0	0	6986690.71	0	0
2006	7249661.52	7249661.52	0	0	7249661.52	0	0
2007	7521597.19	7521597.19	0	0	7521597.19	0	0
2008	7801985.79	7801985.79	0	0	7801985.79	0	0
2009	8090469.58	8090469.58	14.52	14.52	8090469.58	14.52	14.52
2010	8385075.06	8385111.29	36.23	50.75	8385111.29	36.23	50.75
2011	8685512.5	8685572.76	60.26	111.01	8685572.76	60.26	111.01
2012	8997901.03	8997984.75	83.72	194.73	8997984.75	83.72	194.73
2013	9323578.17	9323685.01	106.84	301.57	9323685.01	106.84	301.57
2014	9662300.66	9662422.77	122.11	423.68	9662415.5	114.84	416.41
2015	10011552.9	10011686.7	133.8	557.48	10011668.6	115.7	532.11
2016	10369597.5	10369741.7	144.2	701.68	10369711.7	114.2	646.31
2017	10736456.5	10736611.3	154.8	856.48	10736569.7	113.2	759.51
2018	11112508.8	11112673.9	165.1	1021.58	11112621.1	112.3	871.81
2019	11498040.5	11498215.4	174.9	1196.48	11498151.2	110.7	982.51
2020	11893905.3	11894089.5	184.2	1380.68	11894014	108.7	1091.21

(単位：億円)

加速器による経済的波及効果 (GNP増加分/年)



加速器による経済的波及効果 (GNP増加分累計値)

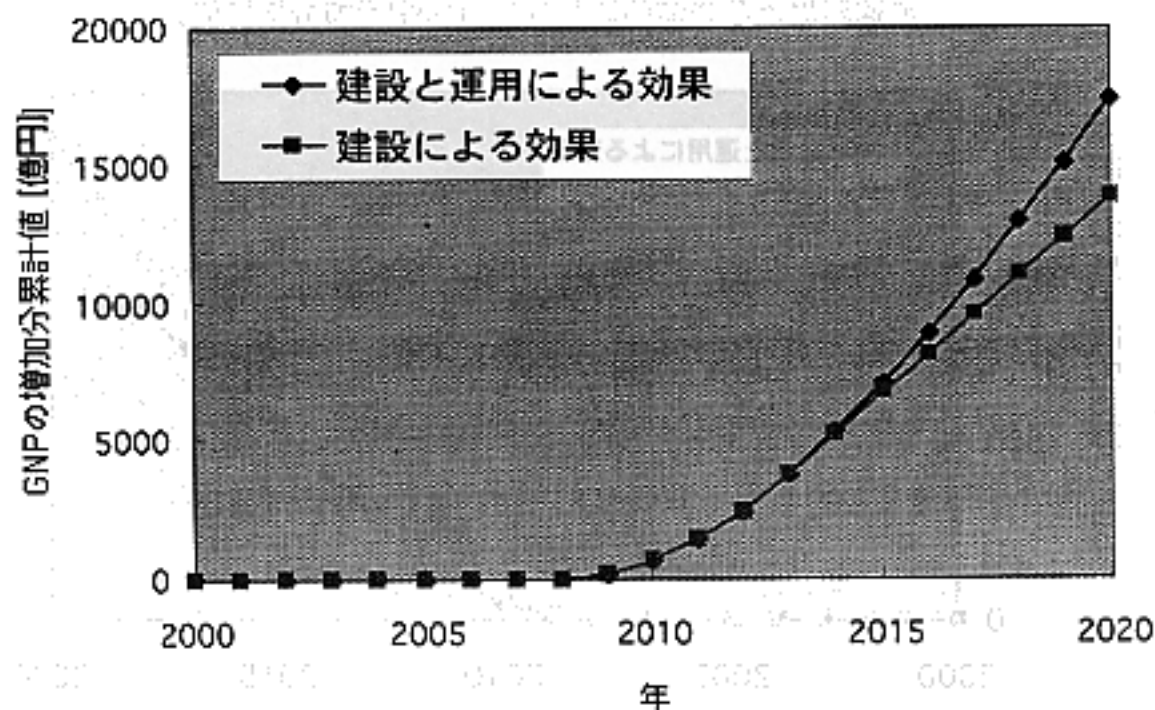
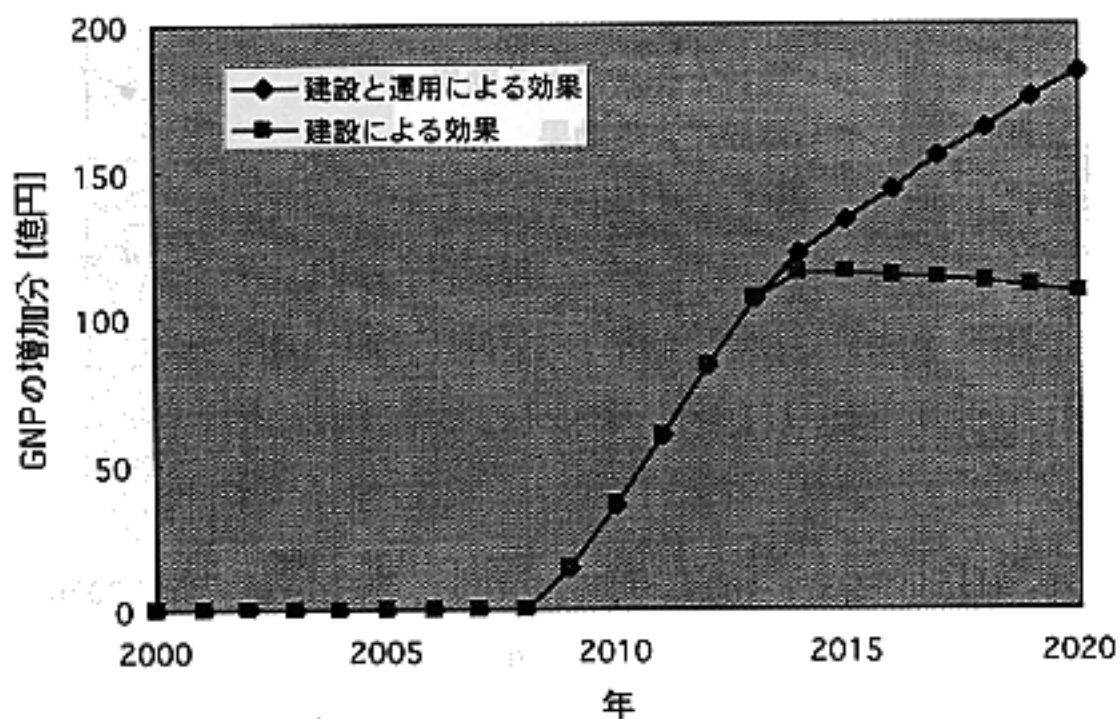


図5 中性子の寄与率を30.81%とした場合の波及効果

加速器による経済的波及効果 (GNP増加分/年)



加速器による経済的波及効果 (GNP増加分累計値)

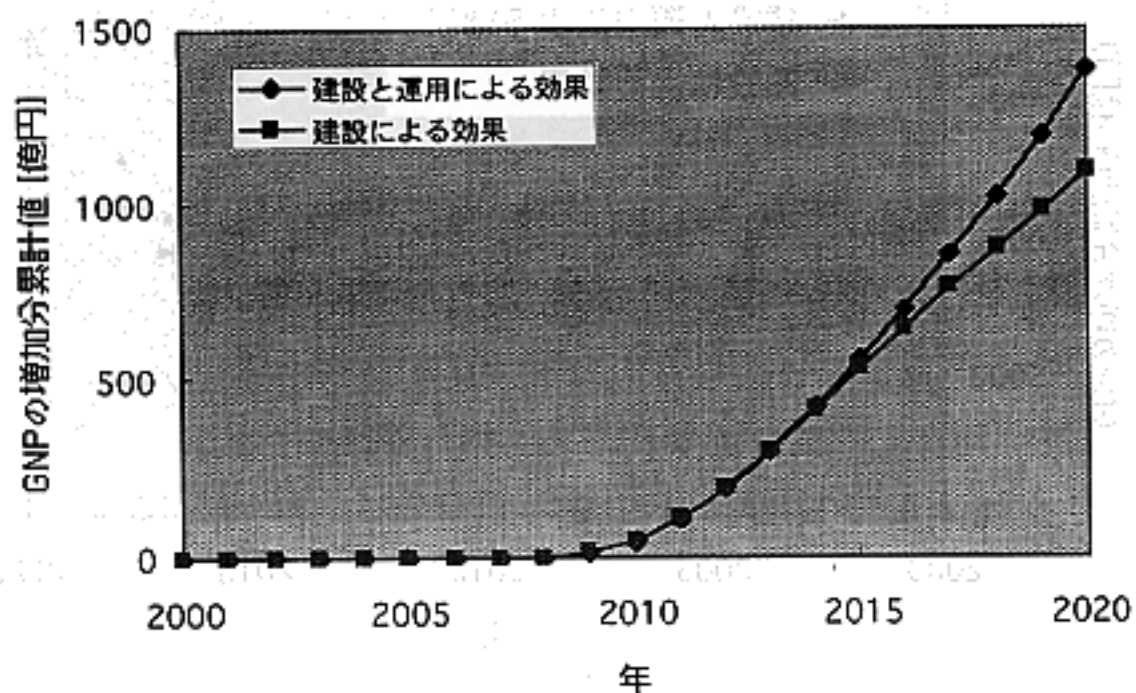


図6 中性子の寄与率を2.24%とした場合の波及効果

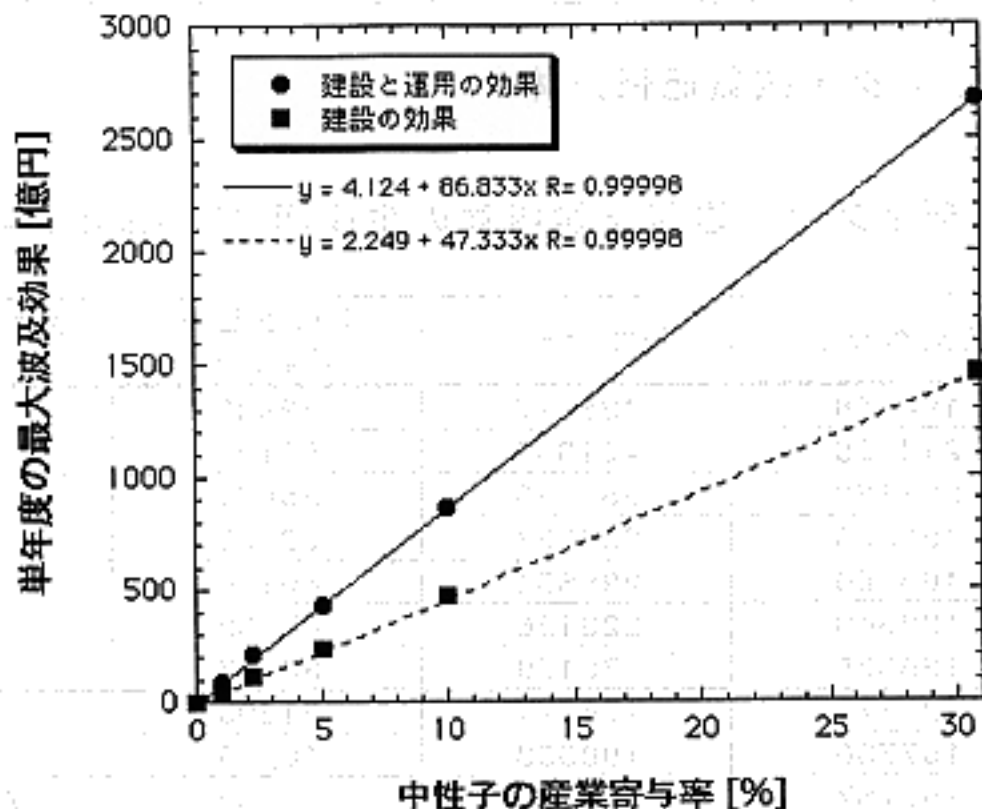


図 7 中性子利用の寄与率と波及効果（単年度）

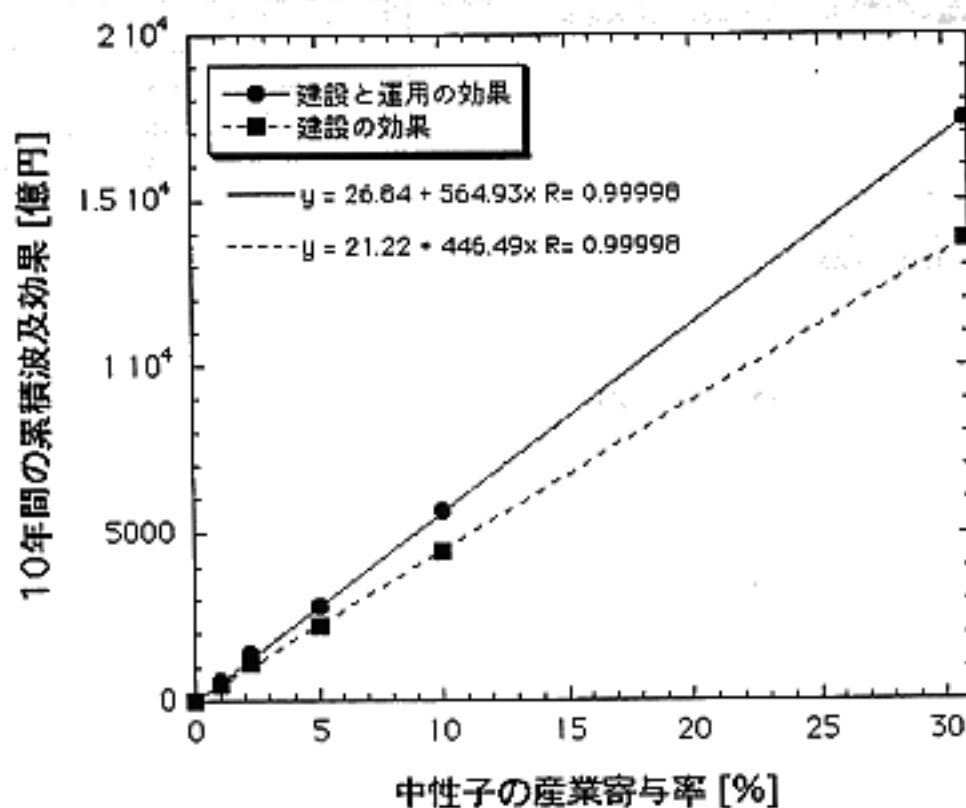


図 8 中性子利用の寄与率と波及効果（10 年の累積）

③市場規模からみた検証

〔新製品の内容が従来型製品と全く異なる場合（ケース B）〕

（a）磁気ディスク・磁気記憶媒体

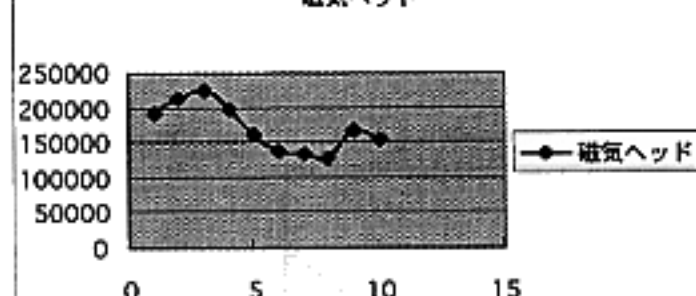
表 10 磁気ディスク・磁気記憶媒体の生産額（機械統計年表より）

年	磁気ヘッド	磁気テープ	フロッピーディスク	光ディスク （参考）
平成 1 年	194148	428817	62982	-
平成 2 年	214026	431389	59123	-
平成 3 年	227122	387728	55871	-
平成 4 年	199568	338757	62465	-
平成 5 年	163260	298654	60196	-
平成 6 年	139943	223126	47532	-
平成 7 年	135335	179179	33927	-
平成 8 年	129371	176774	21295	-
平成 9 年	167730	190553	16220	75672
平成 10 年	157737	205238	12782	70746

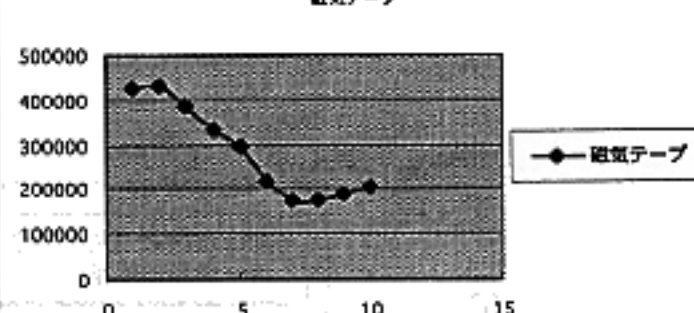
（単位：百万円）

（平成 1 年～平成 10 年までのデータは機械統計年表より）

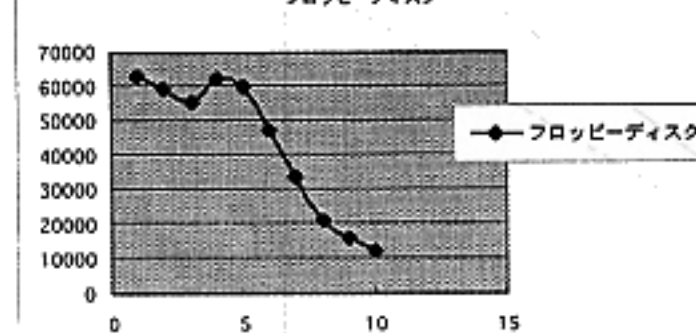
磁気ヘッド



磁気テープ



フロッピーディスク



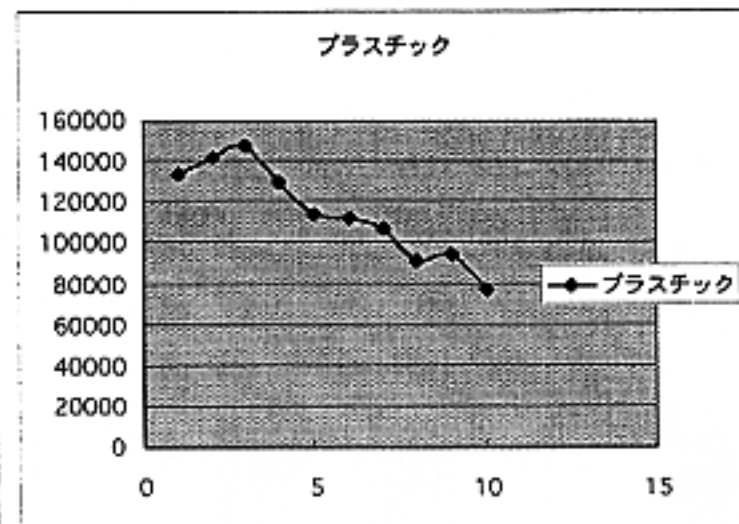
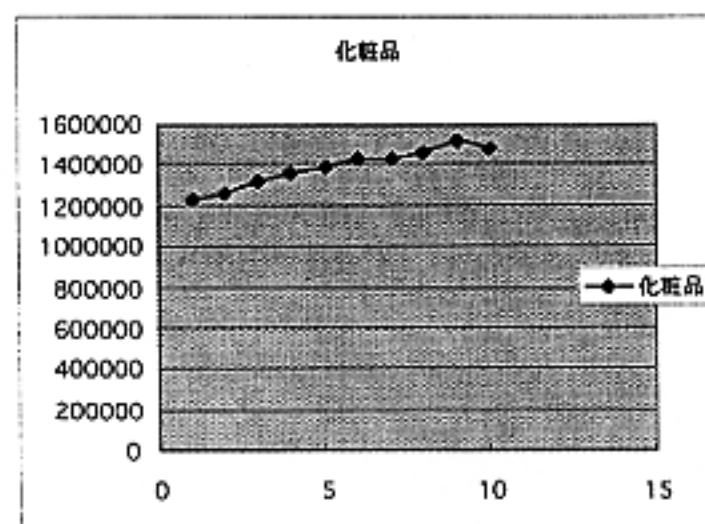
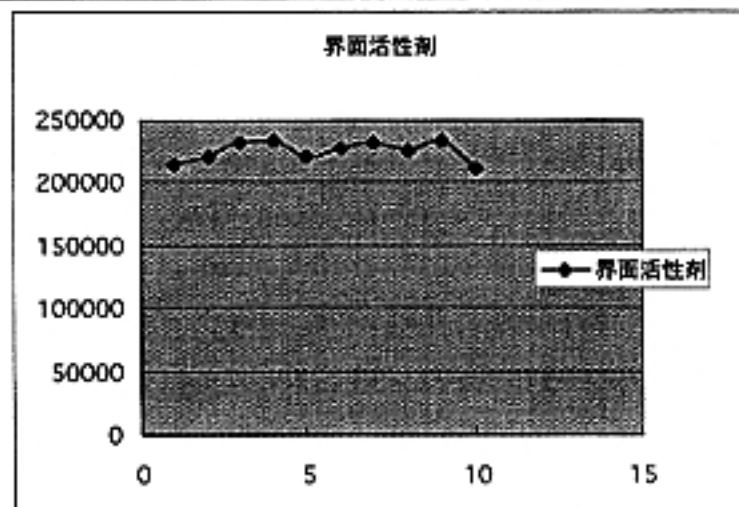
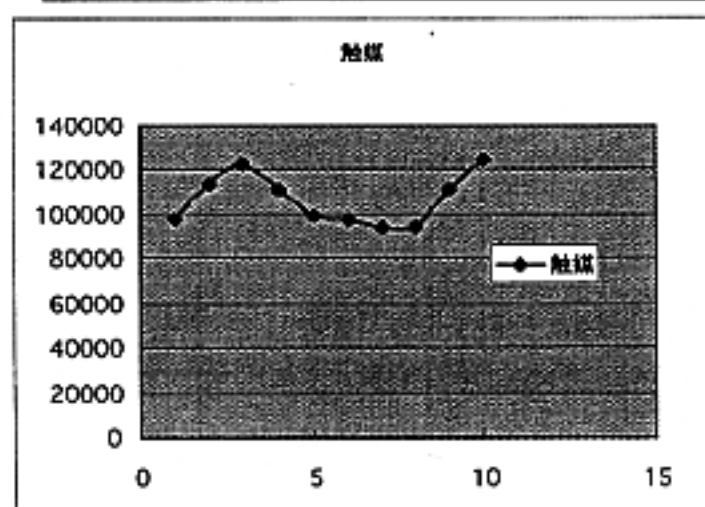
中性子を利用した磁性研究に基づいた新しい原理に基づく磁性材料が見い出され、磁気テープおよびFDの30%がこれに置きかわるとすると、平成10年度ベースでみて、653億円の新しい市場を開拓することになる。

[派生型製品が従来型と類似の場合(ケースC)]

(a) 触媒、界面活性剤、化粧品、プラスチックの各分野

表11 触媒、界面活性剤、化粧品、プラスチックの生産額
(化学工業統計年報より)

年	触媒	界面活性剤	化粧品	プラスチック
平成1年	97782	215435	1239640	134157
平成2年	113871	220737	1264889	141733
平成3年	123278	232422	1325748	148233
平成4年	111072	233675	1363958	130238
平成5年	99848	221307	1397868	113847
平成6年	97786	227780	1431935	112558
平成7年	94192	232731	1428374	107564
平成8年	94459	226820	1463166	91671
平成9年	111245	233435	1518887	94072
平成10年	125240	211687	1479783	77962



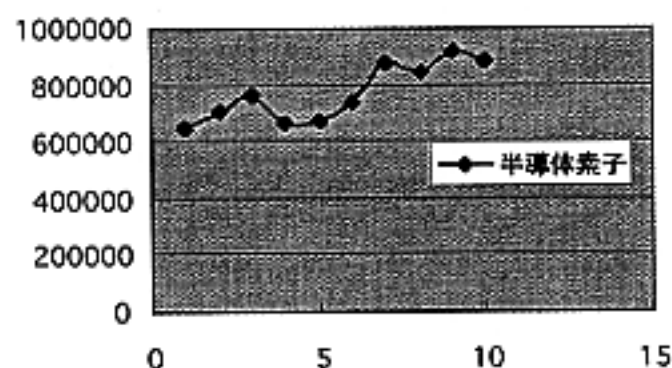
前項と同様に、中性子利用研究により新材料が開発され、これが平成10年度ベースで従来の5%の市場を占めるとして、この分野で947億円である。

(b) 半導体、集積回路、液晶、電池の各分野

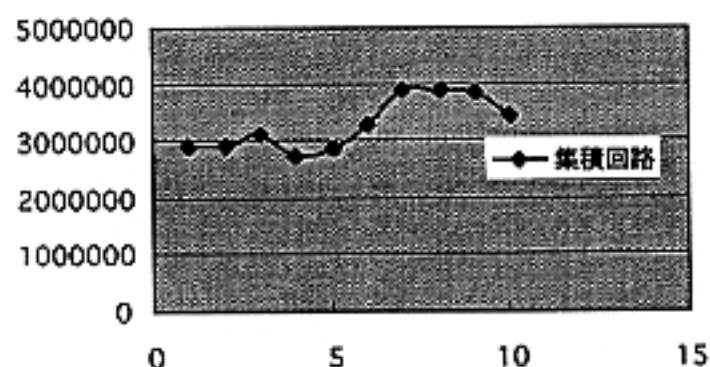
表 12 半導体、集積回路、液晶、電池分野の生産額（機械統計年報より）

年	半導体素子	集積回路	液晶素子	電池
平成 1 年	652540	2941597	149289	509807
平成 2 年	710048	2913354	182519	562221
平成 3 年	761623	3125191	255039	583773
平成 4 年	668586	2750617	326297	563136
平成 5 年	671080	2878581	402126	568233
平成 6 年	740978	3296392	557587	605540
平成 7 年	878387	3914205	601287	656432
平成 8 年	849450	3910196	699029	717862
平成 9 年	918279	3844830	871454	800032
平成 10 年	889521	3461169	877090	802397

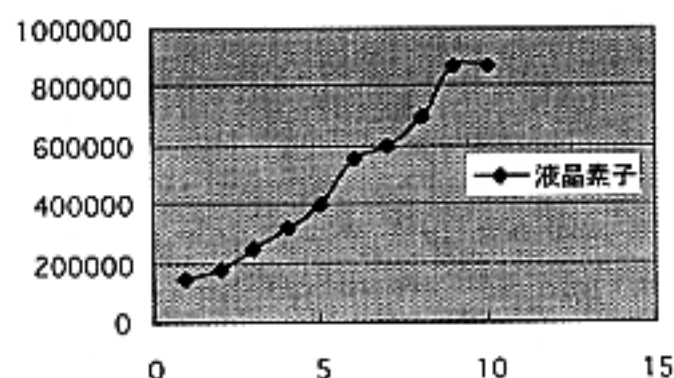
半導体素子



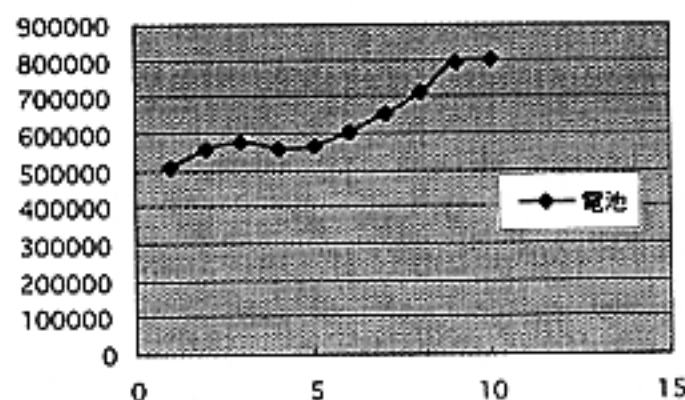
集積回路



液晶素子



電池



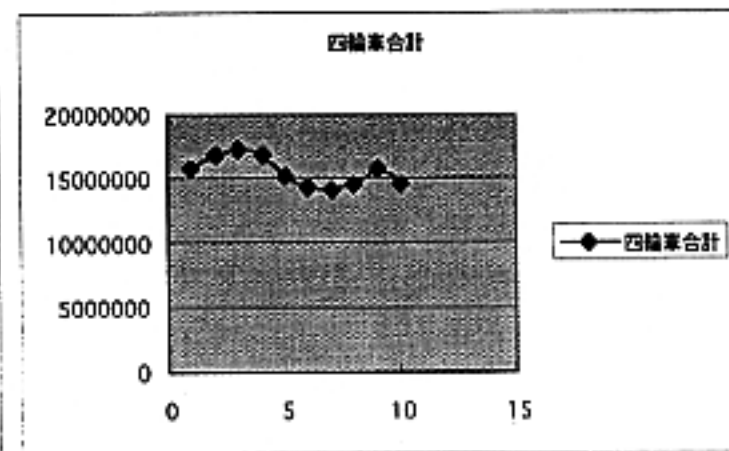
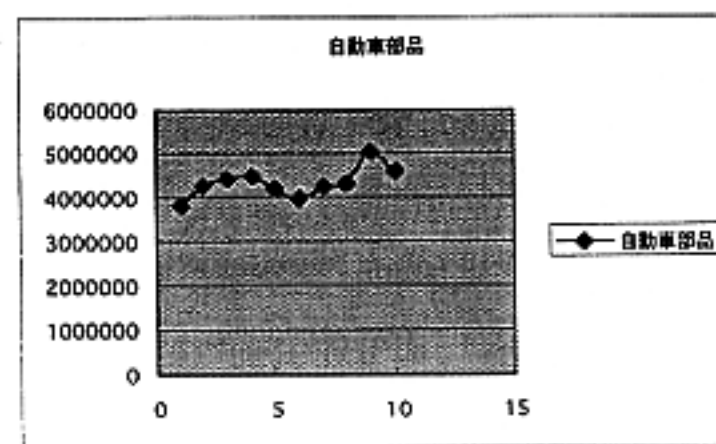
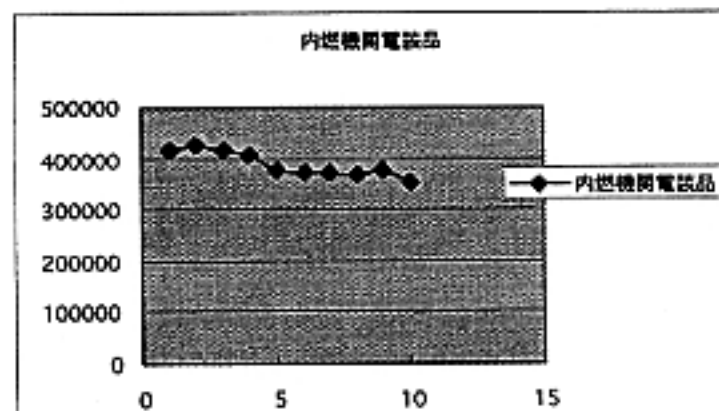
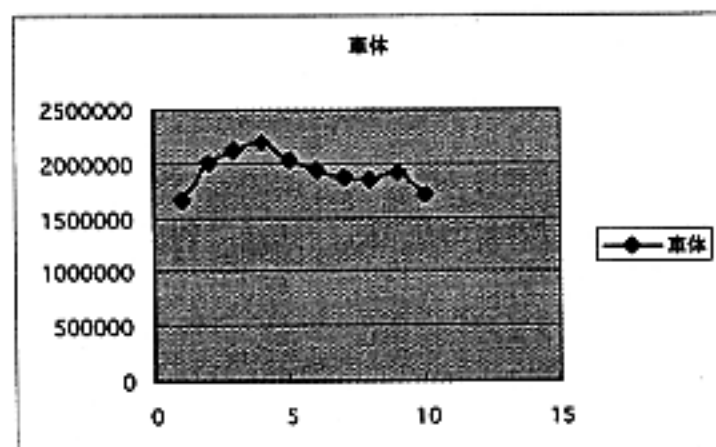
同様に5%として3015億円である。

〔生産性向上（効率化）に寄与する場合（ケース F）〕

（a）自動車

表 13 自動車関連分野の生産額（機械統計年報より）

年	車体	内燃機関電装品	自動車部品	四輪車合計 （参考）
平成 1 年	1680256	418463	3853789	15776298
平成 2 年	2017085	428772	4300714	16957271
平成 3 年	2124651	418951	4418009	17222241
平成 4 年	2198681	409338	4521914	16881346
平成 5 年	2037039	380529	4204872	15264156
平成 6 年	1954581	373468	4010720	14311131
平成 7 年	1880423	374591	4277925	14132289
平成 8 年	1867460	368523	4344818	14679448
平成 9 年	1919877	378408	5033090	15911391
平成 10 年	1721294	356286	4594641	14519039



生産性向上による生産誘発額の変化を見る場合、2つの方法がある。1つは、生産性向上型技術が中間投入額に変化を与えるという特質を持つことから、投入係数行列に対して変化を与えるベクトルを乗じることによって、生産誘発額の変化を見るというものであり、もう一つは、生産性向上による製品価格の低減が最終需要の増加をもたらす、という考え方のもとに、その最終需要の増分を求めて最終需要行列に代入することにより、生産性向上による生産誘発額を求めることができる。

一般に、生産単価と生産金額の対応関係を生産単位の片対数でとると、ばらつきはあるものの、ほぼ直線的に減少している。（生産単価の対数値の減少とともに生産金額が直線的に増加している）

ここでは、生産性向上型の波及効果を定量化する方法として、製品価格低減による需要増分という形で新規最終需要を求めることにする。

自動車（乗用車）については、下記の式で生産単価と生産金額の関係があることが知られている。

$$\log（生産単価：円）=5.75-0.110\times 10^{-6}（生産金額：百万円）\quad（2）$$

自動車部品開発の効率化向上により1%の寄与があるものとするとし、仮に200万円→198万円とすると、この分野の生産拡大は396.8億円である。

（b）製薬

タンパク質は、生体を構成する主要な物質であるが、なかでも酵素タンパク質は触媒としての機能をもち、生体内における主要な化学反応を円滑に行う重要な生体高分子物質である。酵素を利用した産業は、食品製造、医薬品製造、医療、公害処理等、幅広いものがある。酵素のもつ機能は、その分子構造により決まることが明らかにされている。分子構造の解析は高純度単結晶を作製し、X線解析、中性子線解析などにより行われる。

従来、医薬品またはその候補化合物は、天然化合物や合成化合物のライブラリーからのランダムスクリーニングによって見出されてきた。ところが、最近の遺伝子工学の技術によって、多くのタンパク質のアミノ酸配列が解明され、さらに結晶構造解析やコンピューター技術の進展によって、生体高分子の立体構造が明らかにされてきた。加えてリガンドとレセプターとの複合体の立体構造も解析されるにつれ、生体高分子の立体構造を基にした「Structure-Based Drug Design：SBDD」と呼ばれる新しい創薬の方法が確立された。

SBDDの手法によりコンピューターを用いてスクリーニングを行い効率的にリードを得た例がいくつも知られているが、開発効率はランダムスクリーニングにおける0.01%のヒット率(Kuntz,I.D., Science 257, 1078-1082 (1992))に比べて約10% (Li,S., et al., Proc. Nall. Acad. Sci. USA, 94, 73-78 (1997)) というように格段に高くなることが実際に明らかになっている。以上のことを考慮して経済的効果を行う。

現状の研究開発費は、

医薬品工業の研究者数：約 2 万人（平成 9 年 4 月 1 日現在）
研究者一人あたりの研究費：3,341 万円

より、

現状での研究開発費：約 6,682 億円

従って、開発効率が 10%向上するとすれば、研究開発費は約 668 億円ほど削減されることになる。

次に、研究開発により市場の伸びが期待されるためその効果を考慮する。現在において未だ治療ができないか十分に治療できない疾病は、特に今後の R&D による市場の伸びが大きいと考えられる。そのような疾病例としては、アルツハイマー（痴呆）、ガン、エイズ、骨粗しょう症、糖尿病、ぜんそく、うつ血性心不全、精神分裂病、多発性効果症、脳卒中、黄斑変性、歯周炎、関節炎、うつ病、肥満、パーキンソン病などがある。さらに、これらは急速に進む高齢化に対応して重要と考えられる。これらの中で、日本経済新聞および三菱総合研究所との共同調査による将来の市場規模予測においては、エイズ、痴呆（アルツハイマー）、ガン、骨粗しょう症が取り上げられている。本調査研究では特にこれらの市場について考察する。表に 2000 年、2010 年の市場規模および 10 年間の市場の伸びを示す。

2000 年から 2010 年の 10 年間の市場の伸びはその間の R&D によると考えられる。創薬における R&D の要素はタンパク質の構造解析にあり、それらは中性子の利用による効果が期待できる。従って、これらの市場の伸びは利用による波及効果の最大の期待値と考えられる。

表 14 薬剤に関する将来市場予測結果

	2000 年（億円）	2010 年（億円）	市場の伸び（億円）
ガン	5,063	6,682	1,619
痴呆	1,208	3,113	1,905
骨粗しょう症	1,650	2,679	1,029
エイズ	22	120	98
合計	7,943	12,594	4,651