1. 未来社会の課題解決に向けて
～東北大学工学研究科の研究推進

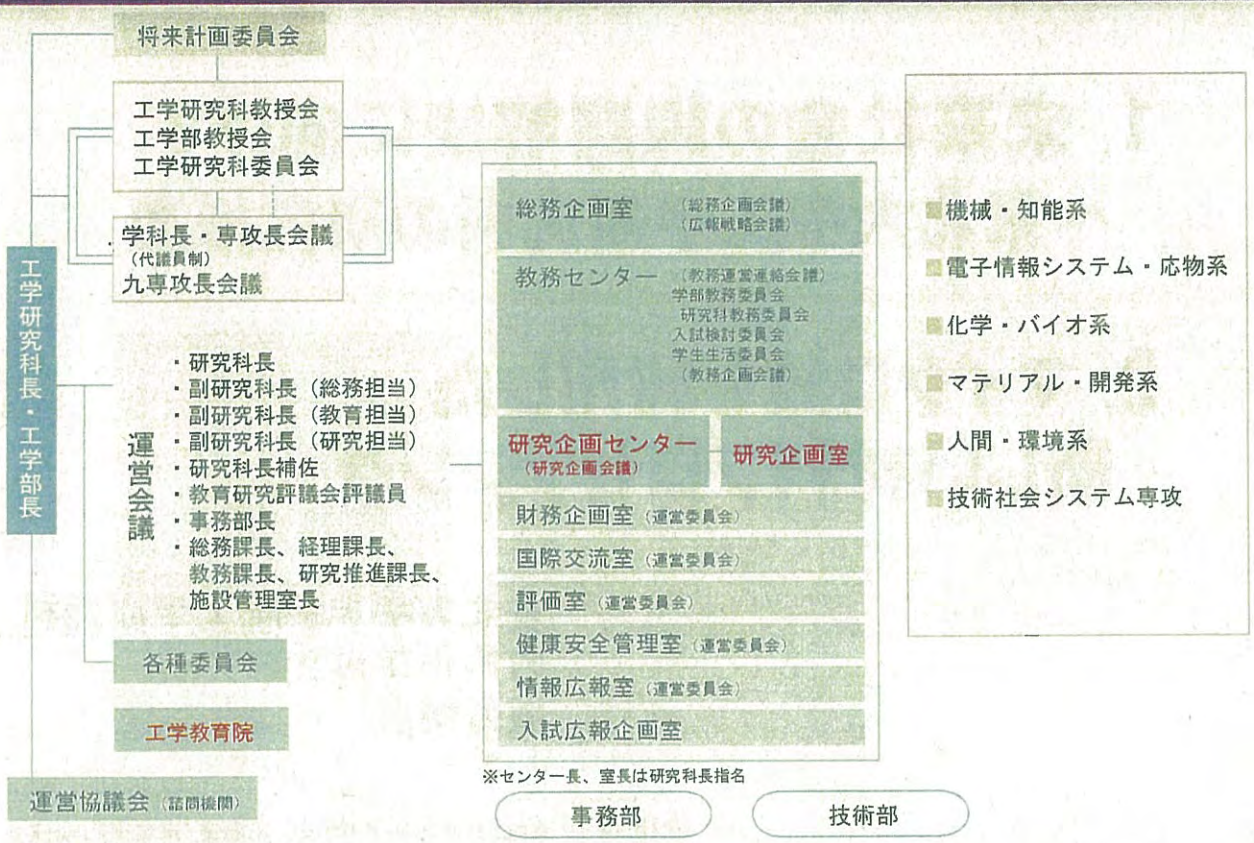
2. マイクロ波を利用した
新しい材料プロセッシング

東北大学大学院工学研究科
応用化学専攻
滝澤博胤

2015.12.10 第6回日本工学アカデミー北海道・東北支部講演会

環境:復興・再生となった青葉山キャンパス

工学部・工学研究科　組織運営体制



1. 未来社会の課題解決に向けて
～東北大学工学研究科の研究推進

世界トップレベルの研究 を目指して

資源やエネルギーの乏しい日本が、先進高齢化社会のなかで世界に誇れる豊かな国であり続けるためには、

・世界で最も優れた未来の夢をかなえる研究

・生まれ変わる社会の変革を主導する人材の育成

を図る必要がある。

•基盤研究：真理の探究　　→夢の先見

•戦略的研究：課題の解決　　→社会貢献

研究は，人間育成の最良の過程→教育/指導的人材の養成

未解明の事象に果敢に挑戦・苦労の末に課題を解決

➜自然の偉大さの前に，好奇心を育み，感性を磨き，挑戦する勇気・責任感を養う

何よりも、学生にも、教職員にも社会にもインパクトを与える研究を！
学術研究の成果は社会、公に帰すものでなければならない！

研究により人類の持続的進歩　→フロンティア

研究大学としての東北大学の使命

社会が期待する大学の役割

短期間では解決困難で、かつ、研究者個人の力では解決困難な

・社会が解決を切望する課題

・社会を豊かにする課題

に対し、長期的ビジョンを持って取り組む。

➡ 個々の基盤研究を融合、発展させ新学術分野を創出、社会へ橋渡し（実学尊重）
豊かな未来社会像を提示、課題解決によって世界を先導する

未来社会の安心、幸福、持続可能な発展を実現するための
科学技術を産学共同で創出

➡ 世界をリードする研究
世界一になるための産業創出

社会にインパクトのある大学

科学研究費補助金 （全学：新規＋継続）

TOHOKU UNIVERSITY

平成27年度新規採択＋継続分の採択件数・配分額
（学術研究懇談会（RU11）参加大学）

機関名	採択件数		配分額（金額単位：千円）			
	件数	順位〔RU11内〕	直接経費	間接経費	合計	順位〔RU11内〕
北海道大学	1,622 (1,726)	7 (6)	4,219,150 (4,672,390)	1,190,565 (1,401,717)	5,409,715 (6,074,107)	7 (7)
東北大学	2,465 (2,530)	4 (4)	7,452,780 (8,094,390)	2,235,834 (2,428,317)	9,688,614 (10,522,707)	4 (4)
東京大学	3,705 (3,681)	1 (1)	17,359,680 (17,769,592)	5,207,904 (5,330,877)	22,567,584 (23,100,469)	1 (1)
名古屋大学	1,709 (1,709)	6 (7)	5,775,000 (5,691,660)	1,732,170 (1,707,498)	7,507,170 (7,399,158)	5 (6)
京都大学	2,942 (2,963)	2 (2)	10,733,600 (10,974,901)	3,220,080 (3,292,470)	13,953,680 (14,267,371)	2 (2)
大阪大学	2,612 (2,636)	3 (3)	8,507,468 (8,833,198)	2,552,240 (2,649,960)	11,059,708 (11,483,158)	3 (3)
筑波大学	1,227 (1,214)	8 (8)	2,845,150 (2,904,240)	853,545 (871,272)	3,698,695 (3,775,512)	10 (9)
東京工業大学	911 (925)	11 (11)	3,600,500 (3,681,550)	1,080,150 (1,104,465)	4,680,650 (4,786,015)	8 (8)
慶應義塾大学	989 (994)	9 (9)	2,922,350 (2,777,419)	876,705 (833,226)	3,799,055 (3,610,645)	9 (10)
早稲田大学	936 (926)	10 (10)	1,941,960 (2,049,750)	582,588 (614,925)	2,524,548 (2,664,675)	11 (11)
九州大学	1,965 (1,950)	5 (5)	5,290,500 (5,694,400)	1,587,135 (1,708,320)	6,877,635 (7,402,720)	6 (5)

【備考】
・九州大学による調査によるもので、H27.8.28付け内定結果まで反映
・直接経費及び間接経費について、千円未満は切り捨てて集計
・（ ）は平成26年度の値

科学研究費補助金 最近4ヶ年の採択状況

工学研究科の状況は，名古屋大学（工学研究科）で調査したもの

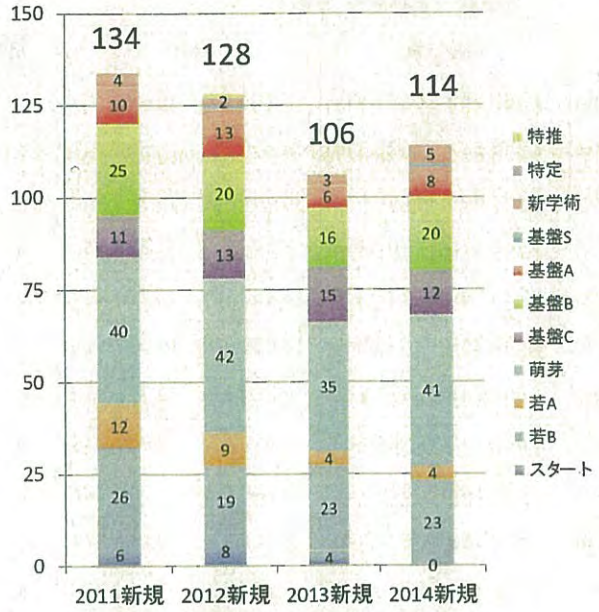
TOHOKU UNIVERSITY

年度	区分	金額	大学間順位	件数	大学間順位
25	東北大学全体	96億円	4位	2，519件	4位
	工学研究科（1人当たり）	310万円	5位	1．03件	1位
24	東北大学全体	110億円	4位	2，504件	4位
	工学研究科（1人当たり）	404万円	2位	1．09件	1位
23	東北大学全体	113億円	4位	2，351件	4位
	工学研究科（1人当たり）	387万円	1位	1．08件	1位
22	東北大学全体	103億円	4位	2，060件	4位
	工学研究科（1人当たり）	350万円	2位	0．89件	2位

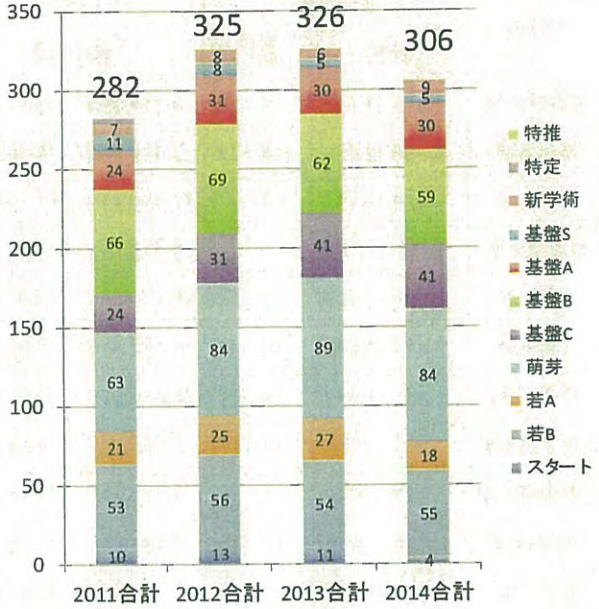
1. 科研費申請・採択率向上→採択者リストを「冊子」で配布
2. 科研費SとAは同じ内容で申請できる，審査を受ける分科細目を変えて申請すれば，審査員も異なるので効果的．

科学研究費補助金 工学研究科 最近4ヶ年の採択状況

新規

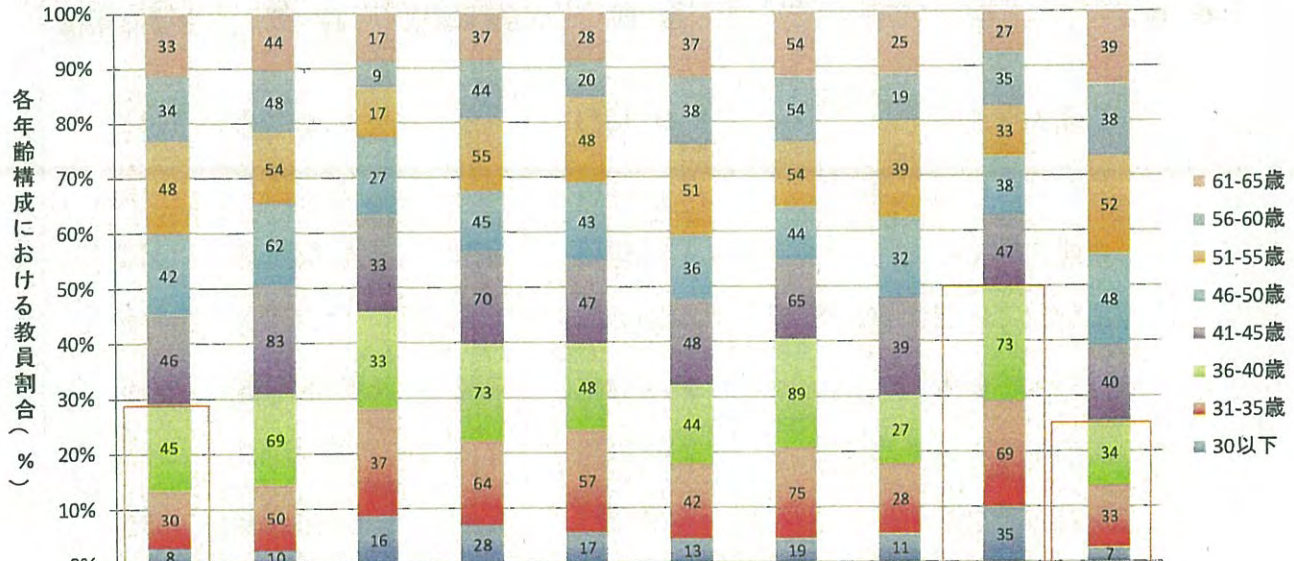


合計 新規＋継続）



	134/382	126/338	107/318	114/357
採択率	=35%	=37%	=34%	=32%

RU11国立9大学教員の年齢構成（年俸制教員を含む）



	九州大	大阪大 工学部	大阪大 基礎工	京都大	名大	東工大	東京大	筑波大	東北大	北海道大
40歳以下の割合	29%	31%	46%	40%	40%	32%	40%	30%	50%	25%

出典 第64回国立大学工学部長会議「承合事項」を元に研究企画室が作成

社会課題の解決に向けて

工学部・工学研究科研究企画室

個々の研究者の才能ある発想に基づく、優れた研究の推進を大前提として、

未来に向けた、社会の要請に応える研究を推進するため、分野横断/学術融合を進め、

社会にインパクトのある成果をもたらす。

➡ 未来像の提示
「2050年の世界～研究の方向性を得るために」

➡ 研究ユニットづくりの提案
横断型研究会、先端学術融合工学研究機構

2050年の世界～研究の方向性を得るために

なぜ「2050年の世界」という資料を作ったか？

今日

日本
財政破綻，産業崩壊

世界
環境破壊，食糧不足

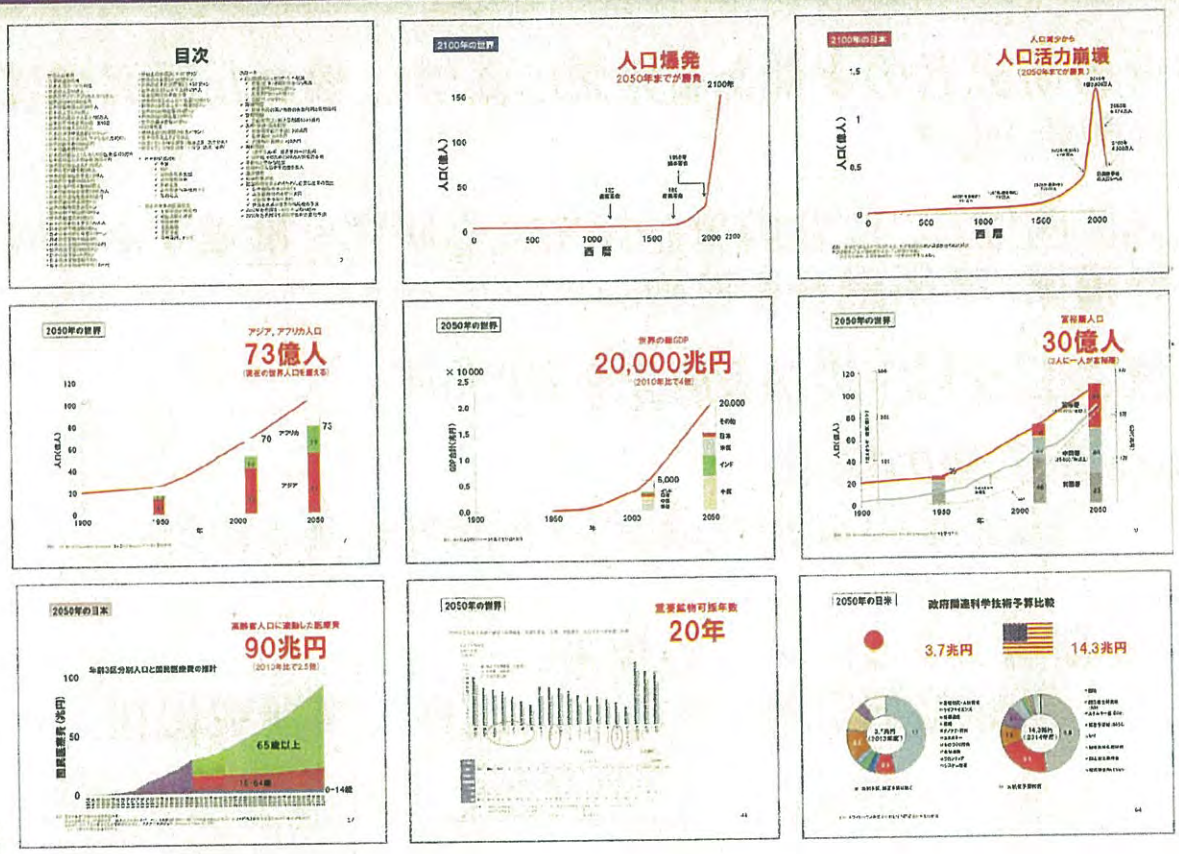
打つ手を考える必要

2050年の世界をという視点で，どんどん変わる世の中の動きを俯瞰．
今何をすべきか知る

大学がすべきこと
悪化する社会的課題に切り込む
迅速なモノ作り産業の創出とイノベーション

1. 2050年に向けて何をすべきか必死に考える．
2. 各分野で貢献できるアクションを見つける．
3. 新しいチームで研究をする．
4. 各分野で過去，現在の技術トレンドを知り，未来の姿を描く．

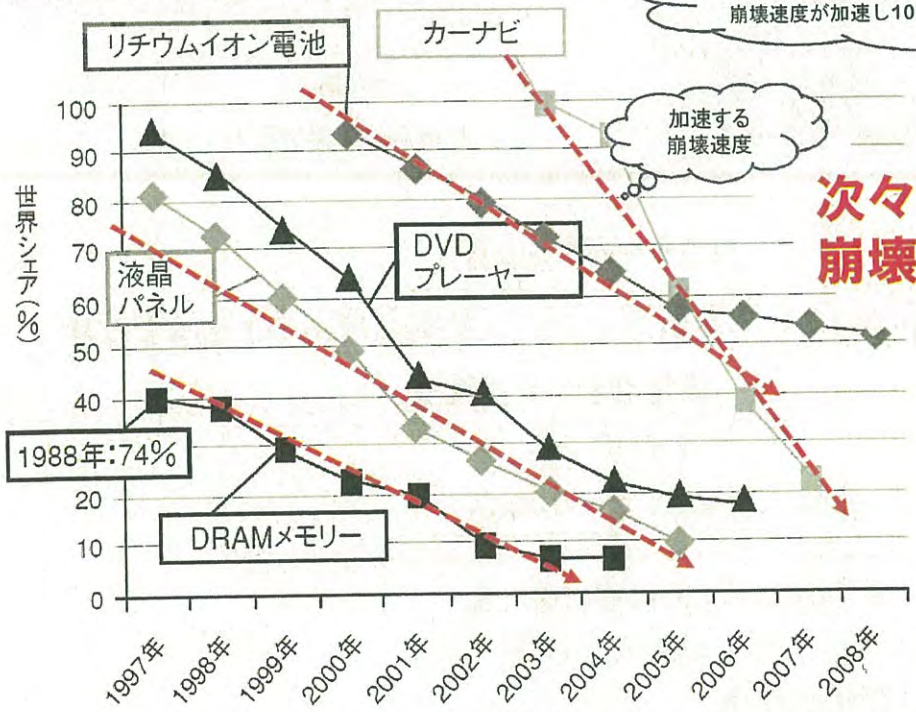
2050年の世界～研究の方向性を得るために



2050年の世界～研究の方向性を得るために

何が起きたのか？

開発・量産化・市場・特許数(70%)
すべて日本がリードしたが
崩壊速度が加速し10～5年になった.



次々にシェアを失い崩壊した

資料：小川紘一「プロダクト・イノベーションからビジネス・イノベーションへ」(2008)
福田佳之「技術で買って事業で負けることは日本のものづくりの必然か」

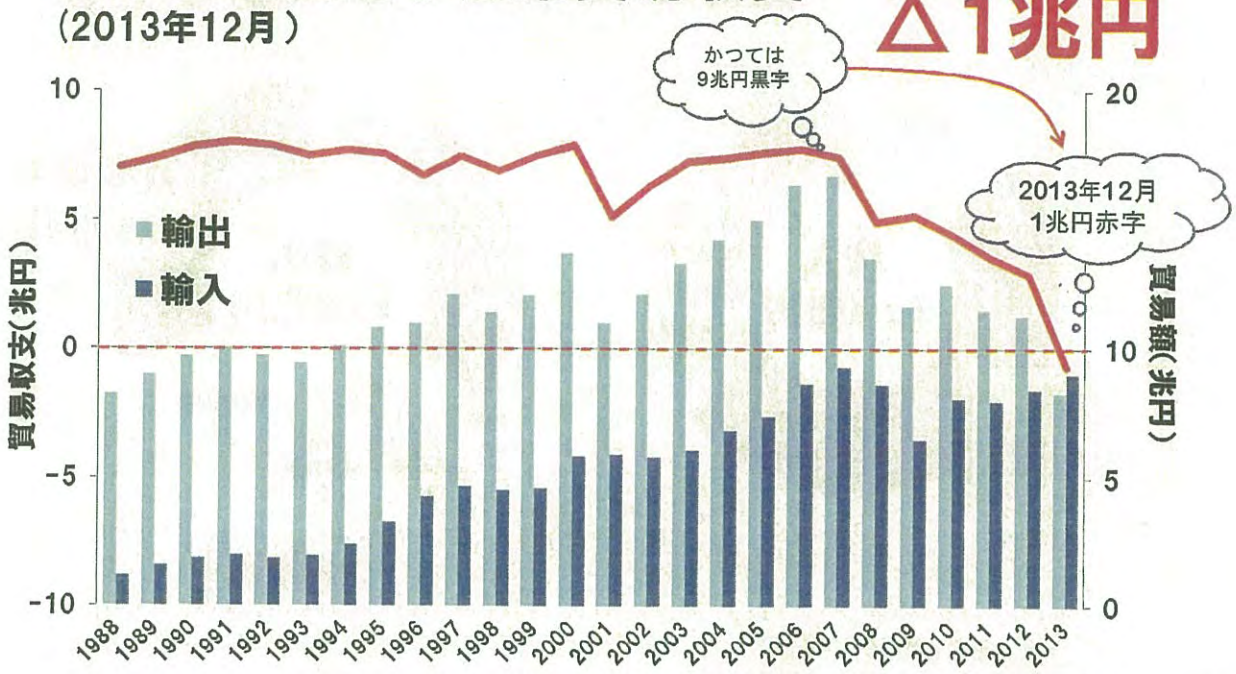
2050年の世界～研究の方向性を得るために

現在の日本

日本の電気電子産業貿易収支
（2013年12月）

その結果、赤字に転落

△1兆円

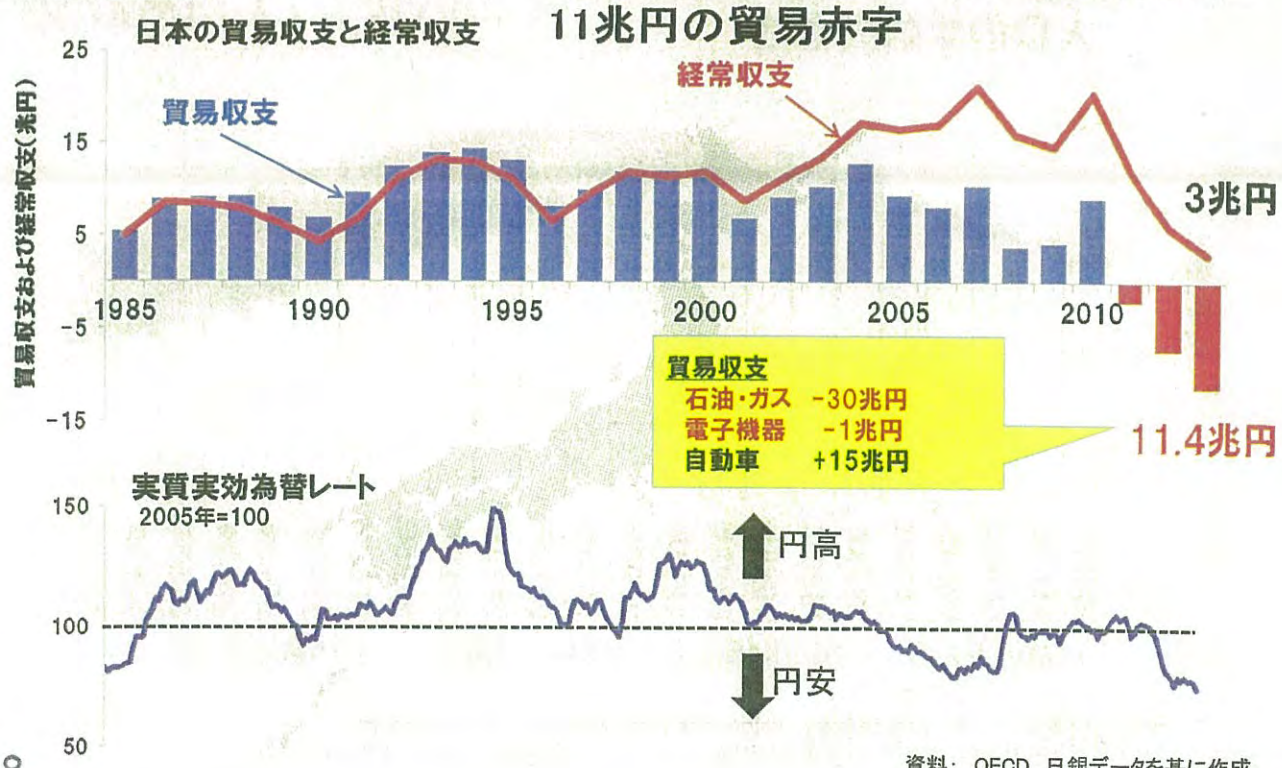


資料: 財務省，JEITA，JEMAデータを基に作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために

現在の日本

円安基調が続いているが輸出伸びず
11兆円の貿易赤字

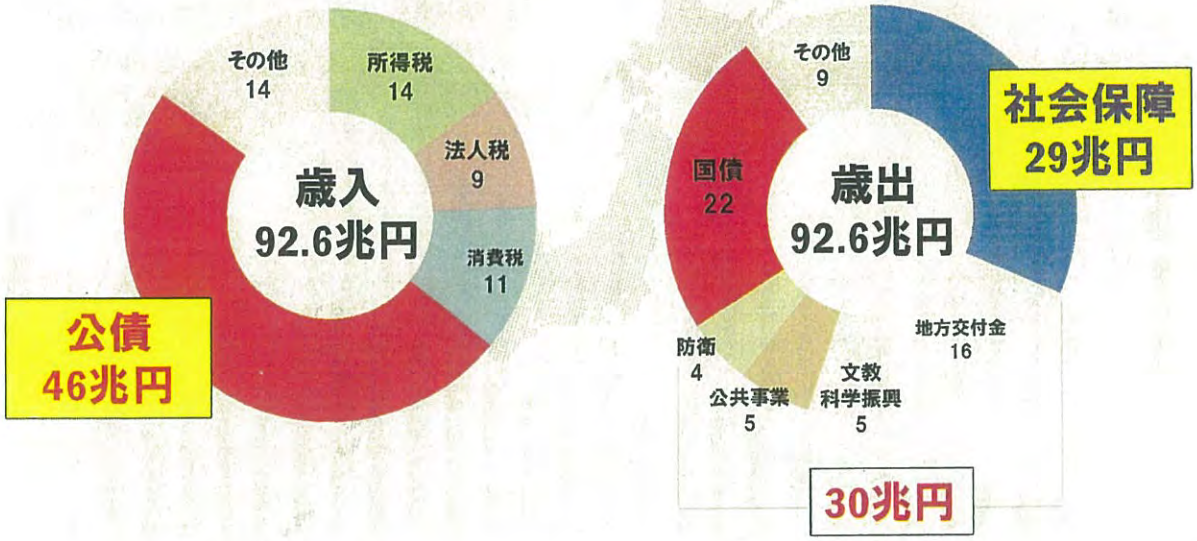


資料： OECD，日銀データを基に作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために

現在の日本

2013年度一般会計では
歳入の50%が国債，歳出の30%が社会保障

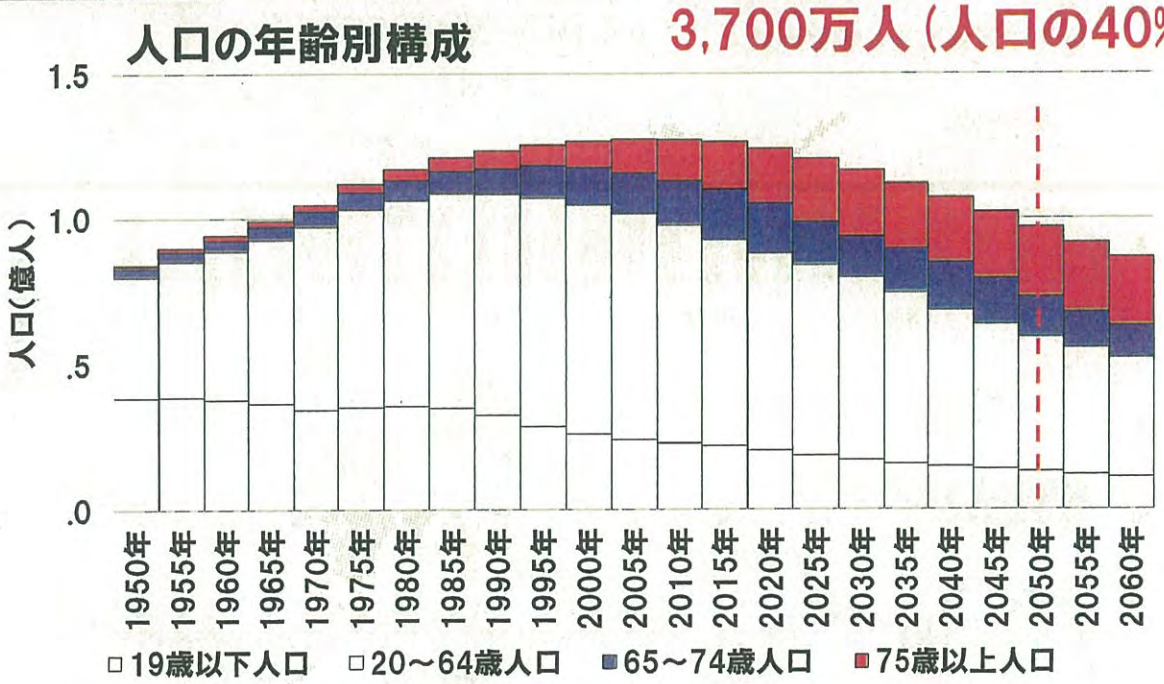


資料：財務省資料を基に作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために

2050年の日本

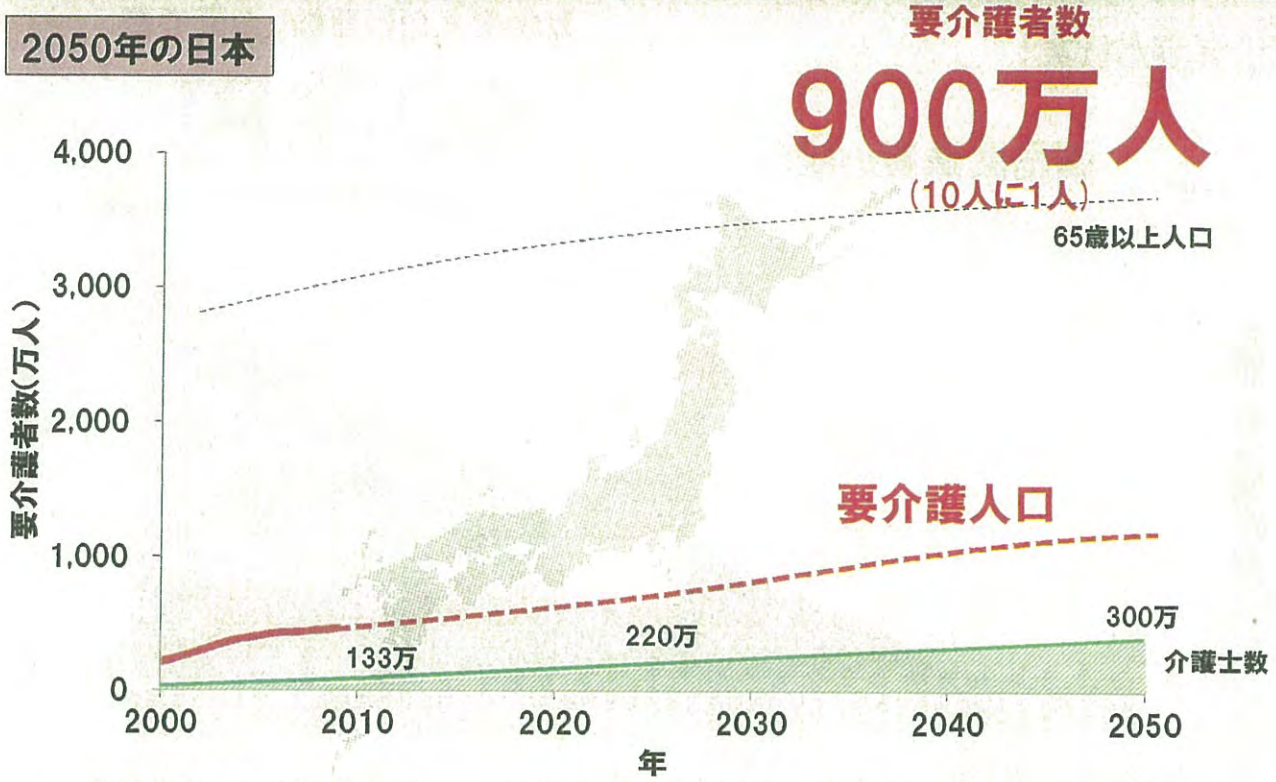
65歳以上人口
3,700万人（人口の40%）



資料：2010年までは総務省「国勢調査」、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所
「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果を基に作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために

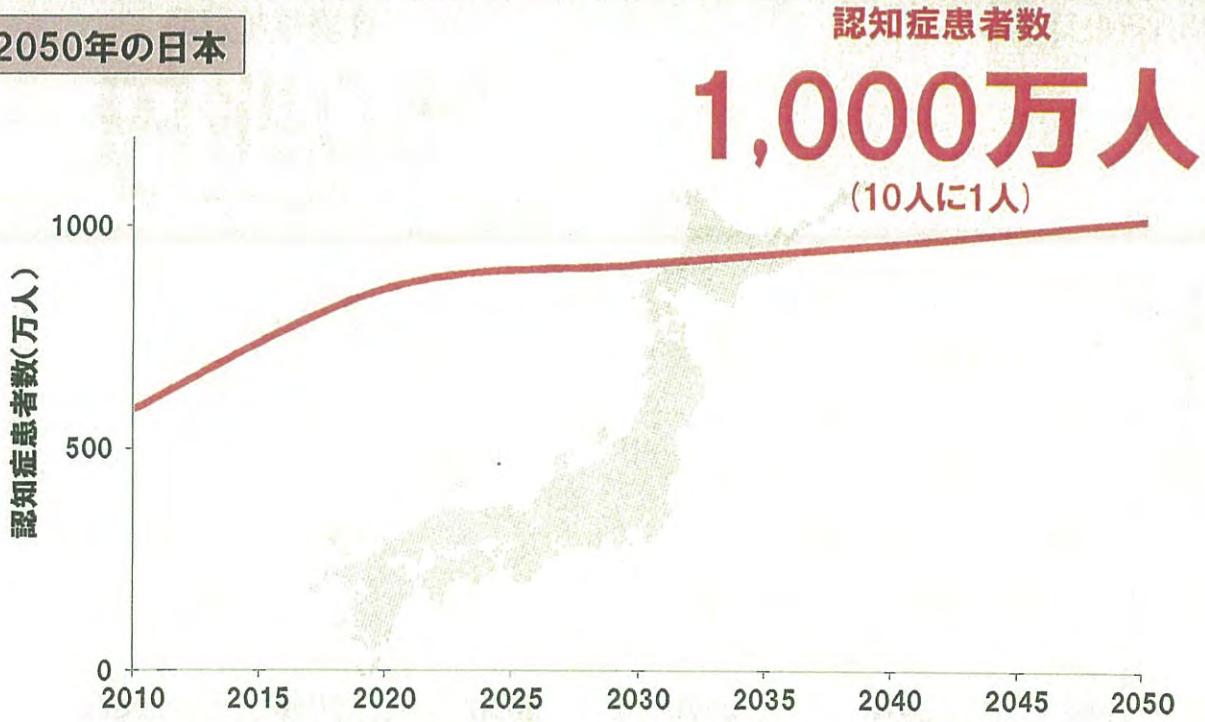
2050年の日本



資料：エイジング総合研究センター http://www.jarc.net/?p=294，日本経済研究センター http://www.jcer.or.jp/report/econ100/pdf/econ100bangai20132data.pdf資料を基に作成，推計値を加筆

2050年の世界～研究の方向性を得るために

2050年の日本



資料：国立社会保障・人口問題研究所の「人口統計資料集(2011)～年齢(3区分)別人口および増加率の将来推計：2005～55年」ページから、高齢者(65歳以上)人口の推計を抜き出したもの。また、高齢者人口に9.1%を掛けて算出した認知症患者の推計人数
New England Journal of Medicine」(2013; 368: 1326-1334)

2050年の世界～研究の方向性を得るために

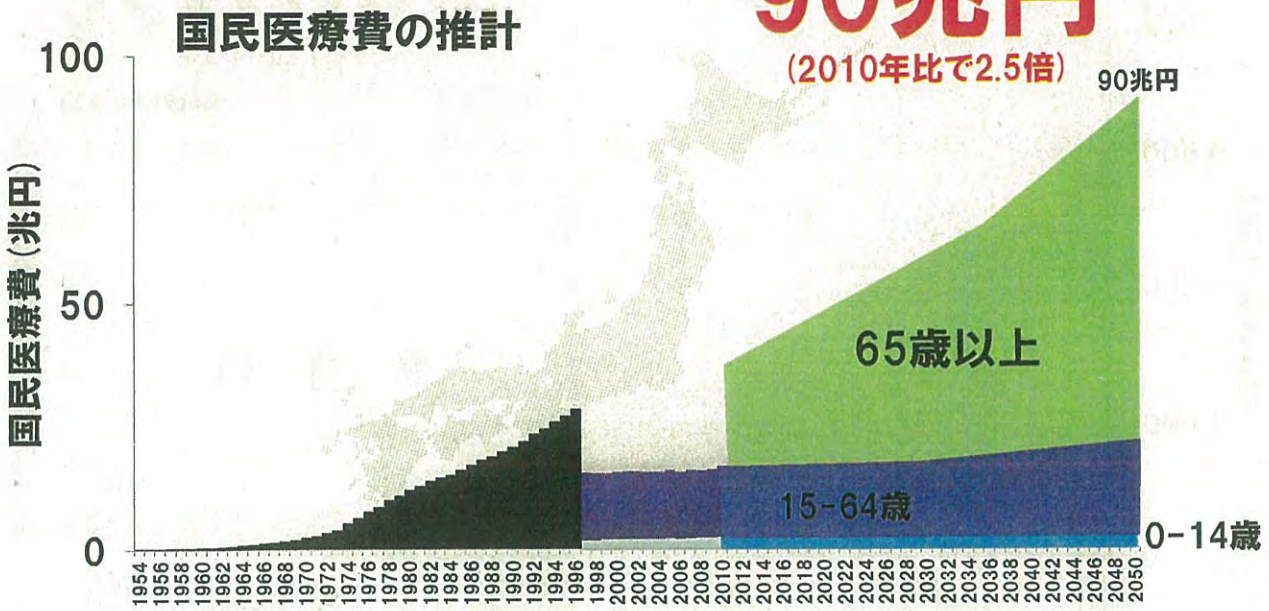
TOHOKU UNIVERSITY

2050年の日本

高齢者人口に連動した医療費

90兆円

(2010年比で2.5倍)



資料 厚生労働省「平成23年度国民医療費」
国立社会保障・人口問題研究所 「日本の将来推計人口」 総人口,年齢3区分(0～14歳,15～64歳,65歳以上)別人口及び年齢構造係数:出生高位(死中位)推計(封鎖人口)
上田ほか(2010)「医療費及び医療財政の将来推計」、京都大学経済研究所 Discussion Paper, No. 0907
より工学研究科研究企画室が作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために

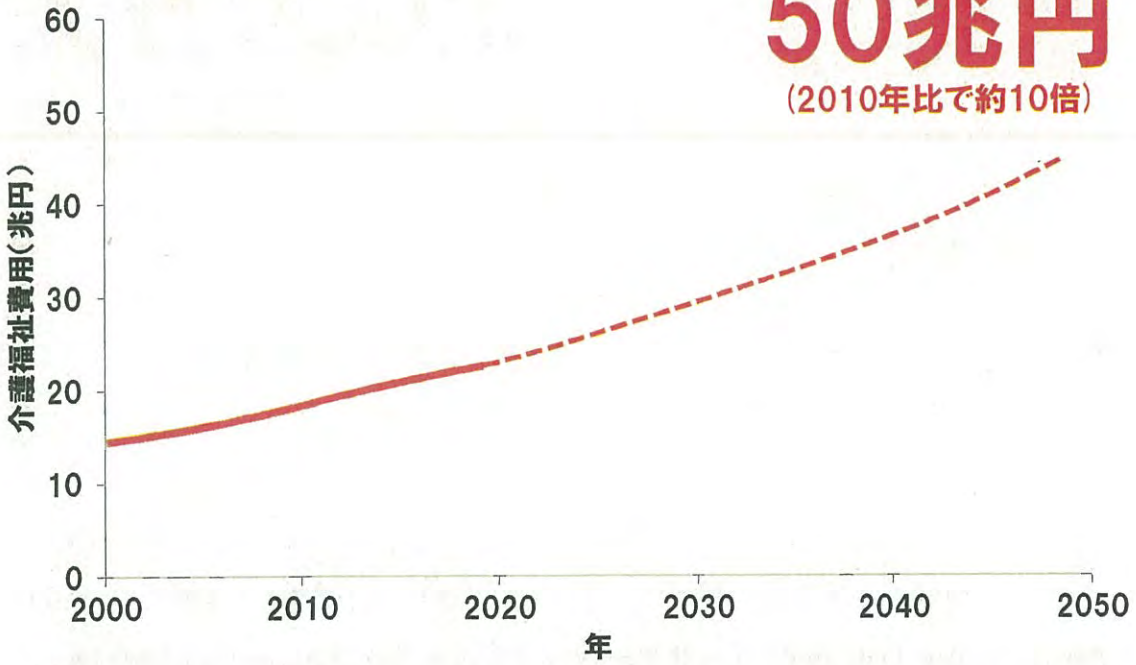
TOHOKU UNIVERSITY

2050年の日本

介護福祉費用

50兆円

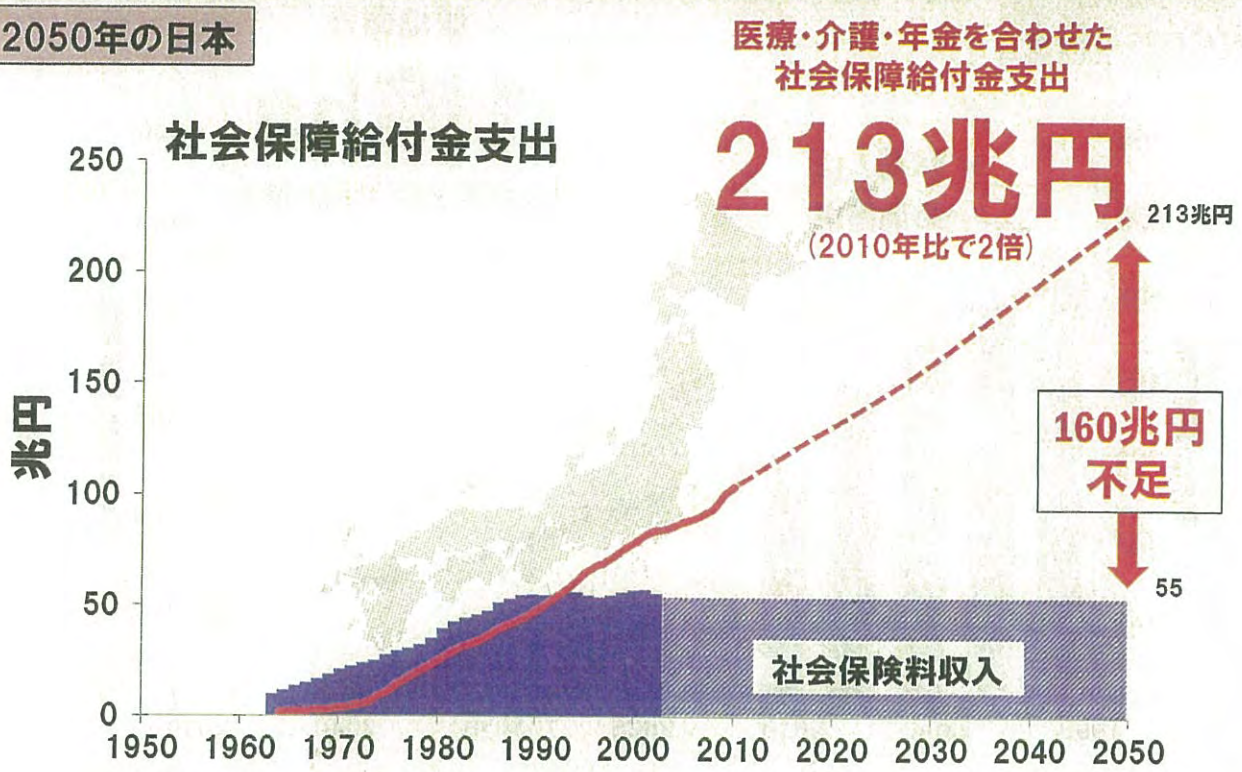
(2010年比で約10倍)



資料:
財務省データおよび国立社会保障・人口問題研究所 「日本の将来推計人口」データを基に作成, 推計値を加筆

2050年の世界～研究の方向性を得るために

2050年の日本

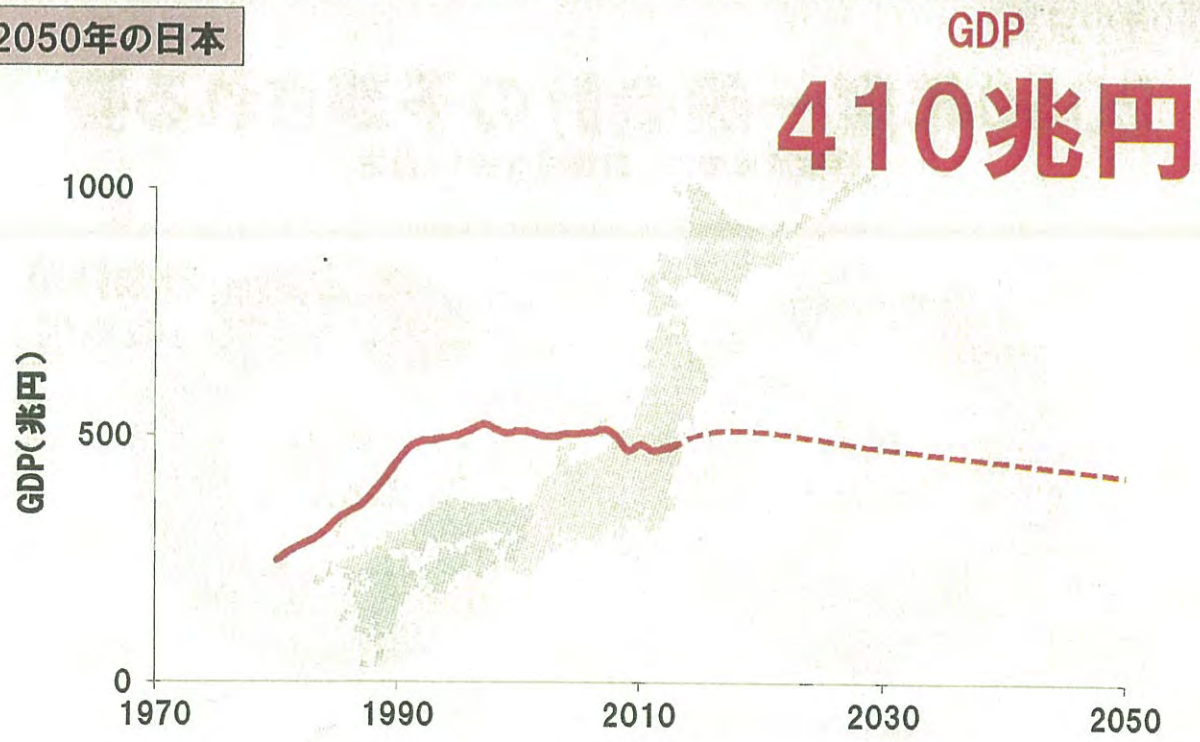


資料:国立社会保障・人口問題研究所，財務省，厚生労働省，IMF，日本銀行
数値データを基に作成，推計値を加筆

#

2050年の世界～研究の方向性を得るために

2050年の日本

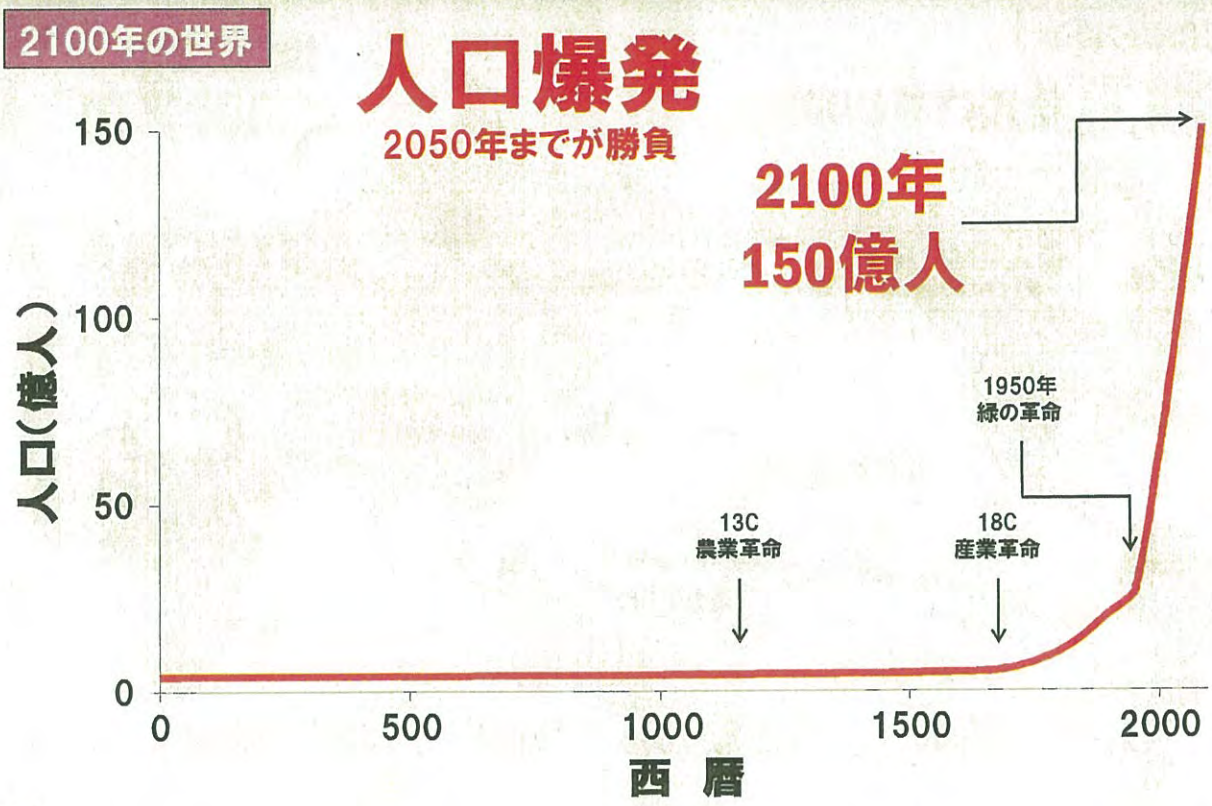


資料： IMF － World Economic Outlook Databasesを基に作成，21世紀政策研究所推計値を基に加筆

2050年の世界～研究の方向性を得るために

TOHOKU UNIVERSITY

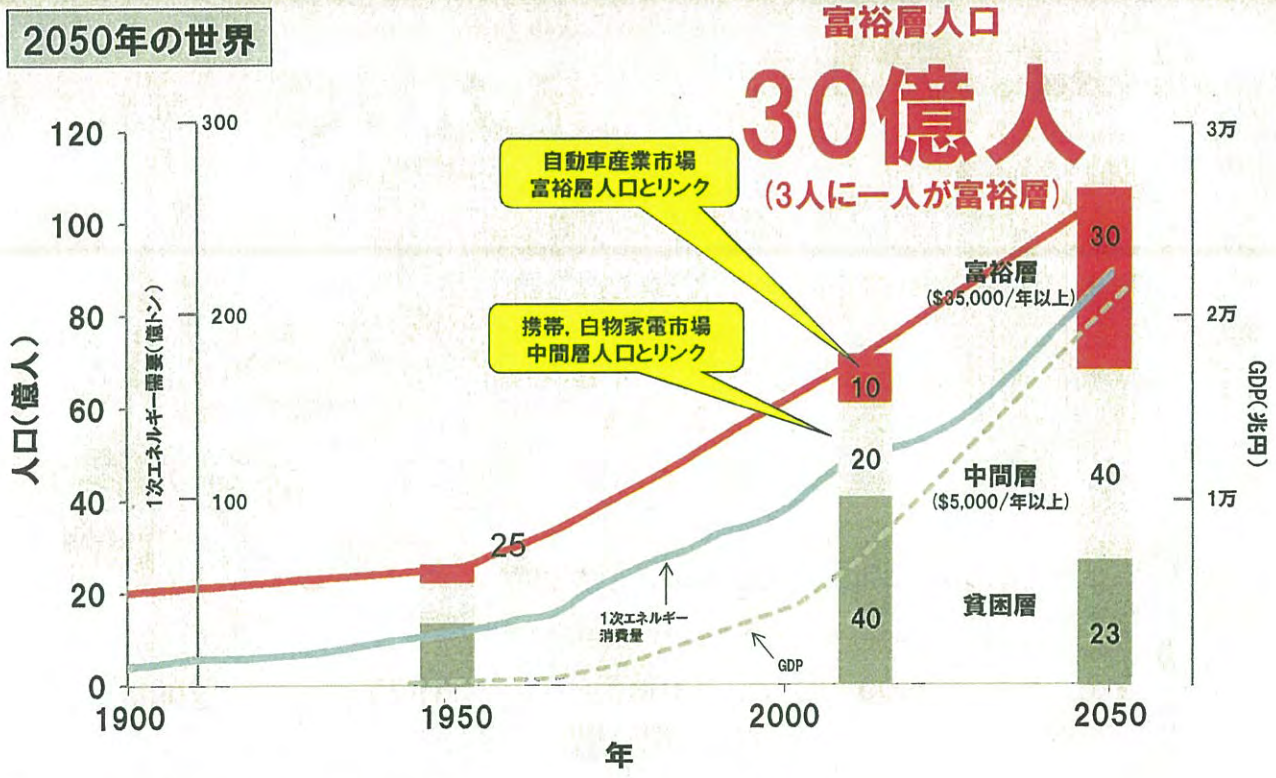
2100年の世界



2050年の世界～研究の方向性を得るために

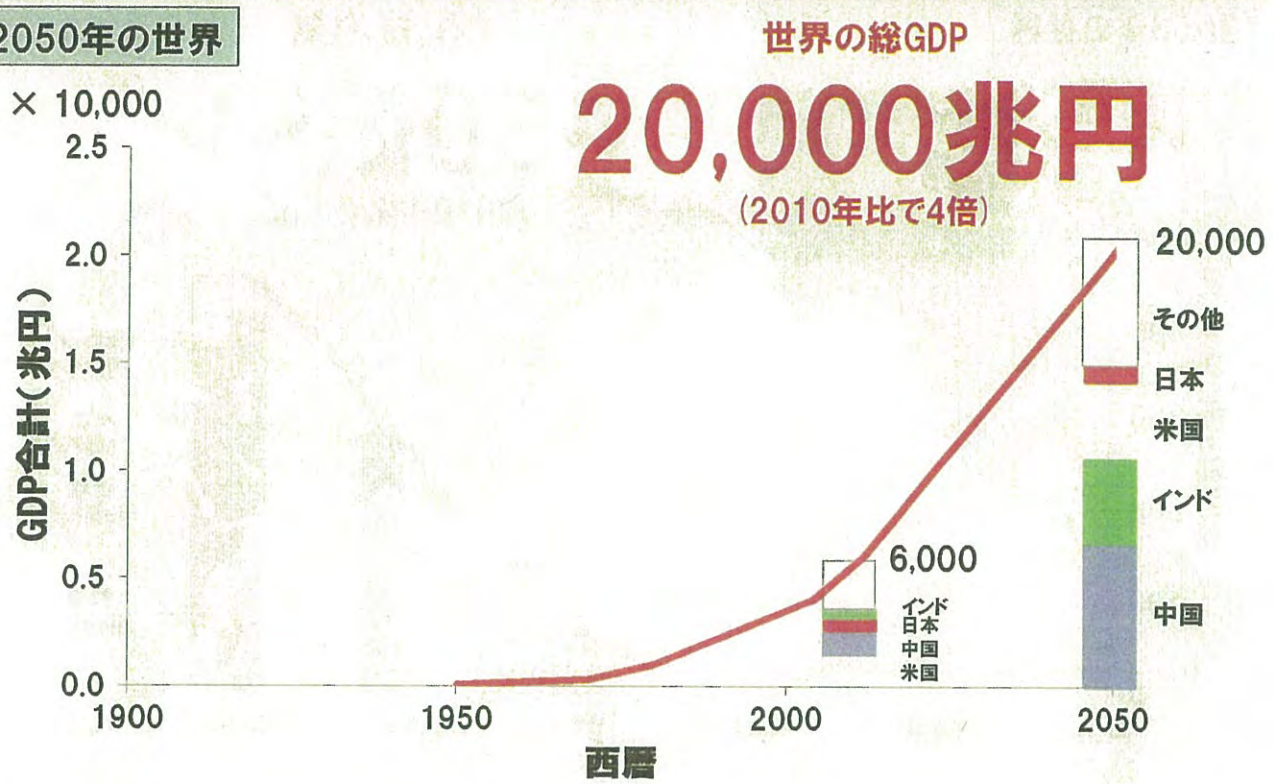
TOHOKU UNIVERSITY

2050年の世界



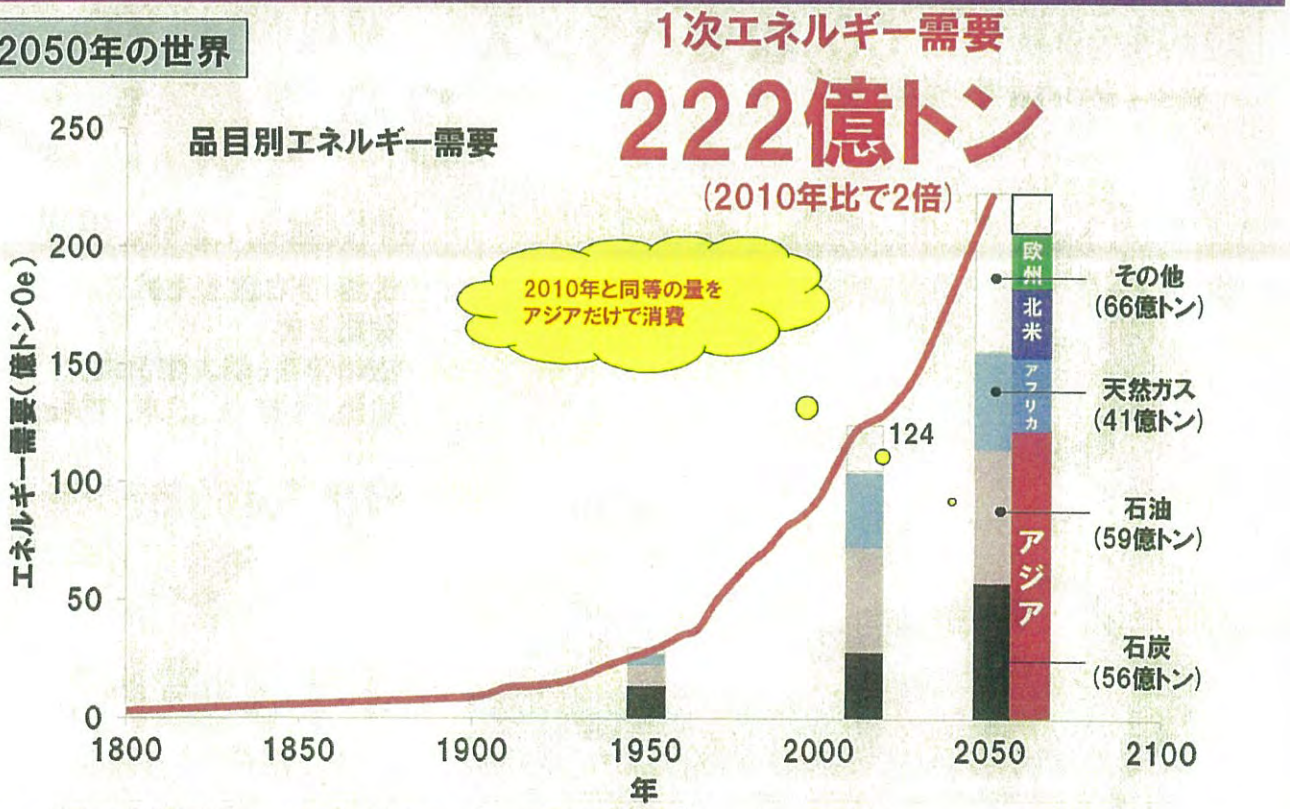
資料: UN, World Population Prospects: The 2010 Revisionデータを基に作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために



資料：IMFおよびOECDデータを基に推計値を加筆

2050年の世界～研究の方向性を得るために



資料： 欧州委員会"World Energy Technology Outlook-WETOH2"データ
電中研「次世代エネルギー構想 ― このままでは資源化枯渇する―(1998)等，各種データを基に作成

2050年の世界～研究の方向性を得るために

TOHOKU UNIVERSITY

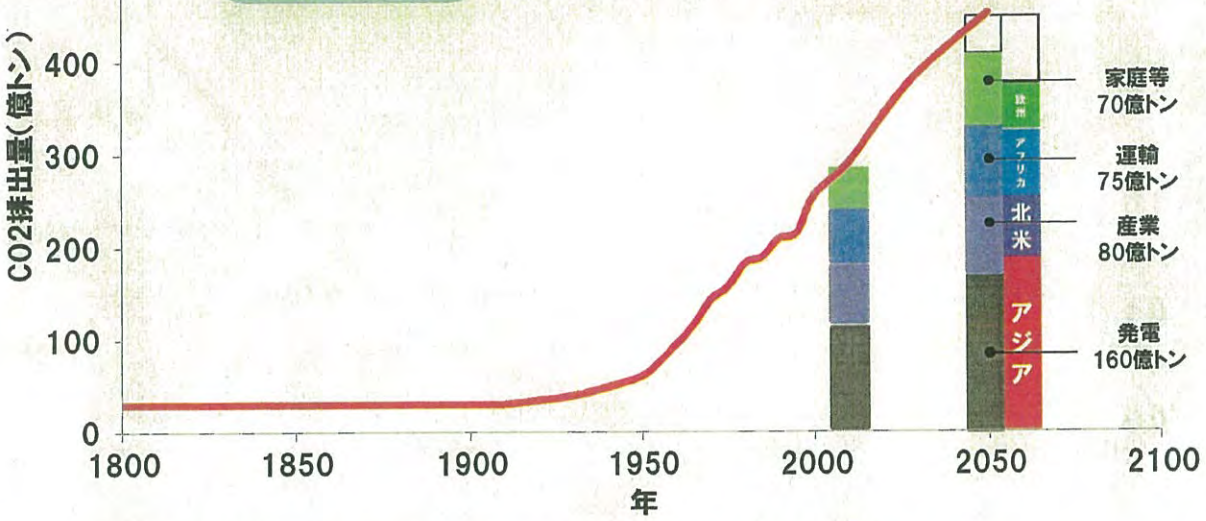
2050年の世界

CO_2排出量

450億トン

（2010年比で1.5倍）

現状の
化石燃料を
使い続ければ



資料：欧州委員会"World Energy Technology Outlook-WETOH2"資料中データを基に作成

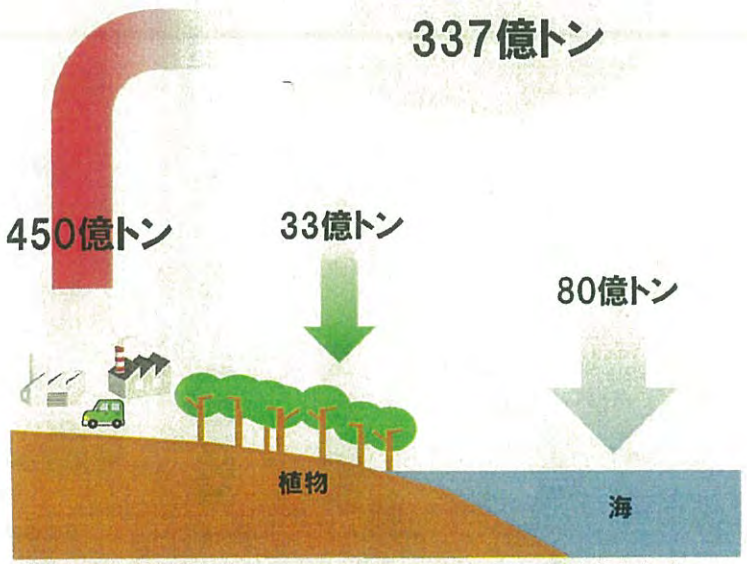
2050年の世界～研究の方向性を得るために

TOHOKU UNIVERSITY

2050年の世界

地球上の炭素循環と収支予測

CO_2収支バランス



吸収されないCO_2

337億トン

排出量の75%に相当

気温　2℃以上上昇
海面上昇
極端現象（超大型台風，
猛暑，干ばつ，洪水，竜巻）

排出量450億トンを

113億トン

まで削減する必要有

資料：欧州委員会"World Energy Technology Outlook-WETOH2"資料中データ，
温室効果ガス世界資料センターデータを基にした気象庁による解析結果（http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html）
IPCC第3次，第4次評価報告書を参考に作成

若手研究者長期海外派遣制度の設計（背景）

未来社会に向けた課題（国際社会、日本の抱える課題）
エネルギー供給・輸送、環境保全、食糧・水資源確保、少子高齢化、医療費削減、財政破綻、極端気象・巨大災害、…

↓

未来社会（2050年）を見据え、東北大学が世界に先駆けて「コト創り」
教員個々の自由な発想に基づく基盤研究を活かしつつも、課題解決への貢献を視野に、学術融合・横断領域におけるイノベーション創出をはかり、国際社会にインパクトを与える。
→ 東北大学の貢献

↓

未来像を描き、研究の方向性を得る！
広い視野で地球規模、多面的課題へ挑戦し、世界水準の研究活動を展開できる素養を身につける。

現状は・・・
1）研究における日本の国際競争力低下
2）国際的研究ネットワークの構築不足
3）若手研究者の長期在外研究機会の喪失
4）研究エフォートの低下（新テーマ発掘機会の喪失）

若手研究者長期海外派遣制度の設計（目的）

優秀な若手研究者が海外の優れた研究機関において研鑽を積み、未来社会の在るべき姿、自身の研究の方向性を捉え、将来的に広い視野、柔軟な発想のもとで世界水準の研究活動を展開できる素養を身に着ける。

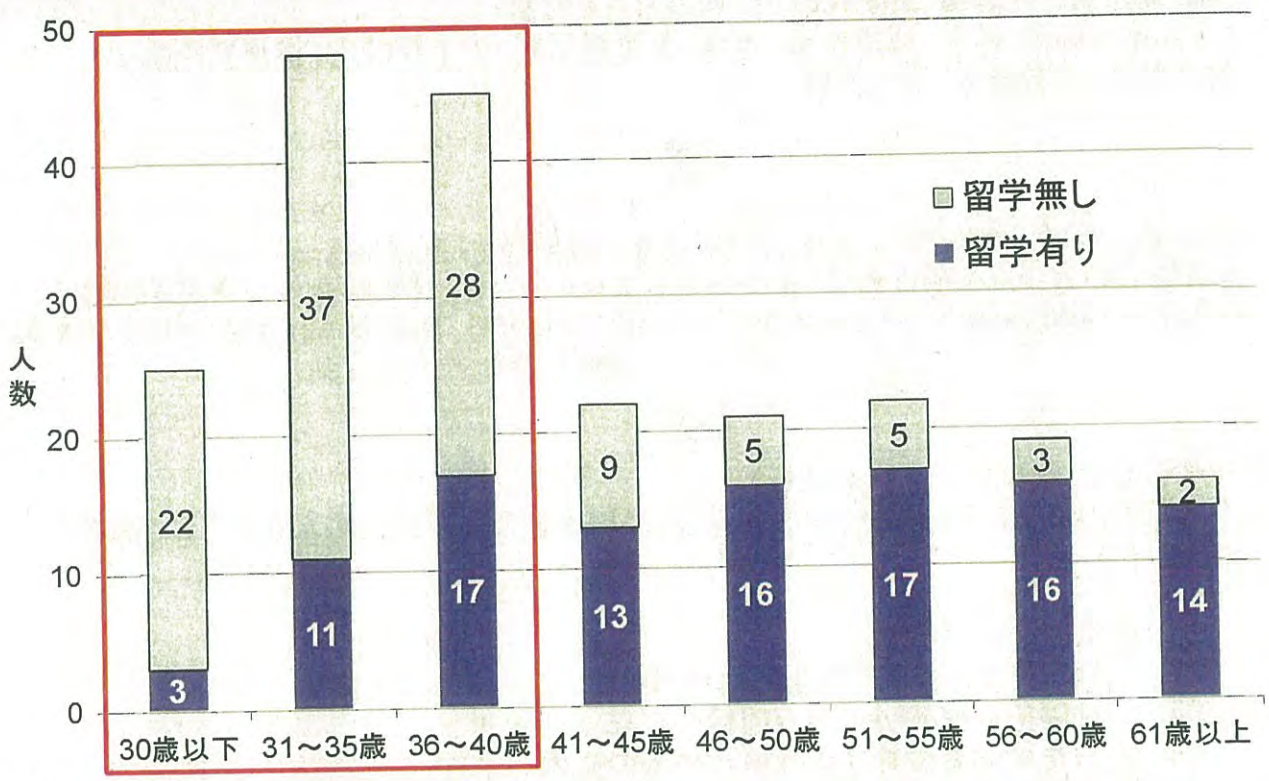
・学術研究の国際水準、多様性の理解
・地球規模課題、多面的課題への挑戦
・海外研究機関との協力強化
・国際共同研究の推進
・海外機関への本学プレゼンスの拡大

毎年5名を
1年間派遣
（実績）H26年度 5名
H27年度 5名

→ 「コト創り」シナリオの創案、新テーマ発掘
研究キャリアの転機
世界をリードする若手研究者養成
頭脳循環ネットワークの構築

※全学の制度（研究大学強化促進事業）においてもH26年度 3名、H27年度（前期） 1名を派遣

工学研究科長期海外派遣に関するアンケート
-年齢階層別留学経験-



その他：研究企画講演会の企画・開催

工学系研究科等研究企画講演会

インパクトのある研究を育む環境、世界の中での立ち位置、未来社会に向けた研究の方向性、研究成果の社会実装、などのテーマを設定。講演とパネルディスカッション、交流会を通じ、「夢の先見」たる基盤研究推進、未来社会の課題解決に向けた研究推進の意識高揚を図る。

2013.1　創造的研究の土台：米国の大学と日本の大学の違い
ミシガン大学教授、豊田中研所長　菊池 昇 氏

2013.7　日本の工学分野における国際的地位低下の現状とこれからに向けて
文科省科学技術政策研究所主任研究官　阪 彩香 氏、ほか

2014.3　工学研究科若手研究者海外派遣制度スタート
-Exploring New Frontiers Beyond Engineering-
第1期派遣教員5名、ほか

2014.7　論文発表で終わらせない研究とは～知財、目利き、起業～
東北大学未来科学技術共同研究センター教授、マテリアルコンセプト社　小池 淳一 氏、
産業革新機構　松藤 洋介 氏、
東北大学工学研究科研究企画室特任教授、知財プロデューサー　松﨑 斉 氏 ほか

2015.7　宇宙太陽光発電（SSPS）を中心としたエネルギー検討会
京都大学生存圏研究所教授　篠原 真毅 氏

各種データ：上海交通大学の 大学ランキング（工学：）

TOHOKU UNIVERSITY

Academic Ranking of World Universities in Engineering/Technology and Computer Sciences - 2015

工学系分野における世界ランキング	大学	国家/地域	合計	HiCi	PUB	TOP	FUND
1	マサチューセッツ工科大学		100.0	87.5	65.5	93.3	100.0
2	スタンフォード大学		91.6	100.0	52.7	94.9	69.6
3	カリフォルニア大学バークレー校		85.7	69.1	61.7	92.3	73.5
4	イリノイ大学アーバナシャンペーン校		83.2	64.1	58.0	89.4	76.7
5	テキサス大学オースティン校		82.0	70.7	55.3	86.7	69.3
6	インペリアル・カレッジ・ロンドン		81.0	63.2	58.9	88.3	0.0
7	ジョージア工科大学		80.0	51.3	66.0	87.4	72.2
8	ミシガン大学アナーバー校		79.4	48.3	57.2	89.1	80.2
9	カーネギーメロン大学		78.0	47.6	46.2	87.9	88.5
10	テキサスA&M大学		76.5	41.6	55.7	81.2	86.5
11	南洋理工大学		76.1	36.9	73.7	87.1	0.0
12	清華大学		76.0	20.2	100.0	77.2	0.0
13	ケンブリッジ大学		75.9	54.6	52.5	90.0	0.0
14	スイス連邦工科大学ローザンヌ校		75.6	52.0	55.2	89.0	0.0
14	カリフォルニア大学サンディエゴ校		75.6	62.0	45.3	92.3	62.2
16	ペンシルベニア州立大学 ユニバーシティパーク校		75.5	57.2	51.8	87.8	64.5
17	シンガポール国立大学		75.0	36.9	69.5	88.2	0.0
17	カリフォルニア州立大学サンタバーバラ校		75.0	71.9	35.0	100.0	52.6
19	パデュー大学 ウェストラファイエット		74.9	46.8	55.3	80.8	76.6
20	カリフォルニア工科大学		72.6	67.2	37.4	96.2	50.5
21	ノースウェスタン大学		72.5	62.7	43.5	92.0	52.7
22	プリンストン大学		72.3	68.7	35.5	97.5	48.7
23	ハルビン工業大学		72.1	28.6	82.2	76.3	0.0
23	トロント大学		72.1	48.5	51.8	86.8	0.0
25	ハーバード大学		71.0	68.8	42.2	95.7	39.1
25	サザンカリフォルニア大学		71.0	47.0	42.5	87.2	69.3
27	香港城市大学		70.9	39.4	57.3	67.4	0.0
28	上海交通大学		70.8	23.1	85.5	75.3	0.0
29	ミネソタ大学 ツインシティーズ校		70.5	58.2	45.0	89.4	51.4
30	カリフォルニア大学ロサンゼルス校		70.1	55.5	45.3	90.8	51.0
31	メリーランド大学カレッジパーク校		69.5	45.3	49.8	86.6	58.9
32	ノースカロライナ州立大学 ローリー校		69.4	46.8	46.2	82.2	65.1
32	パリ第6大学		69.4	49.9	43.9	86.4	0.0
32	ワシントン大学シアトル校		69.4	55.2	39.7	86.8	58.5
35	オハイオ州立大学 - コロンバス		69.3	52.6	45.7	86.7	55.1
36	スイス連邦チューリッヒ工科大学		69.1	29.4	58.1	92.0	0.0
37	コーネル大学		69.0	49.6	38.5	90.6	60.1
38	デンマーク工科大学		68.9	37.8	51.7	89.5	0.0
39	東北大学（日本）		68.6	44.9	59.0	74.2	0.0
40	香港科技大学		68.3	38.4	46.8	92.1	0.0

HiCi　Highly cited researchers in 3 categories:Engineering, Computer Science, Materials Science
PUB　Papers Indexed in Science Citation Index-Expanded in ENG fields
TOP　Percentage of papers published in top 20% journals of ENG fields to that in all ENG journals
FUND　Total engineering-related research expenditures

TOHOKU UNIVERSITY

2. マイクロ波を利用した新しい材料プロセッシング

自己紹介

TOHOKU UNIVERSITY

滝澤博胤（たきざわ　ひろつぐ）

1962年12月　新潟市生まれ
1981年　3月　秋田県立秋田高等学校 卒業
1981年　4月　東北大学工学部化学系 入学
1985年　3月　同　応用化学科 卒業
1990年　3月　東北大学大学院工学研究科博士後期課程 修了（工学博士）
1990年　4月　東北大学工学部分子化学工学科 助手
1993年　8月　東北大学素材工学研究所 助手
1994年　7月　テキサス大学オースチン校客員研究員。
1995年　4月　東北大学工学部分子化学工学科 助教授
2004年　4月　東北大学大学院工学研究科応用化学専攻 教授
　　現在に至る
2015年　4月～　工学研究科長、工学部長）

専門：固体化学・機能性無機材料化学

自己紹介

化学組成、結合、原子配列から機能を操る

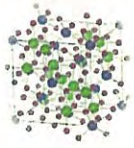
TOHOKU UNIVERSITY

物質の性質（材料の機能）は何で決まる？

○物質の構成（原子の種類と数）⇒**化学組成**

○原子・分子間の結びつき⇒**化学結合**
（イオン性、共有性、金属性・・・）

○原子・分子の配列⇒**結晶構造**



○**形態**（バルク体、微粒子、薄膜、単結晶）

材料の機能発現

物質の性質

電気的性質
- 導電性（バンド構造、格子欠陥、移動度、・・・）
- 誘電性（対称性、分極）

磁気的性質（スピン配列、局在性・遍歴性、・・・）
光学的性質（バンド構造、局在化準位、・・・）
機械的性質（結合強度、弾性率、転位、・・・）
熱的性質（結合性、フォノンの動き、・・・）

極限環境・
非平衡反応場
の導入

材料プロセッシング

新規物質・構造の実現

新材料、機能の発現

新規物質の探索
機能の賦与

**結晶化学に基づく
機能設計**

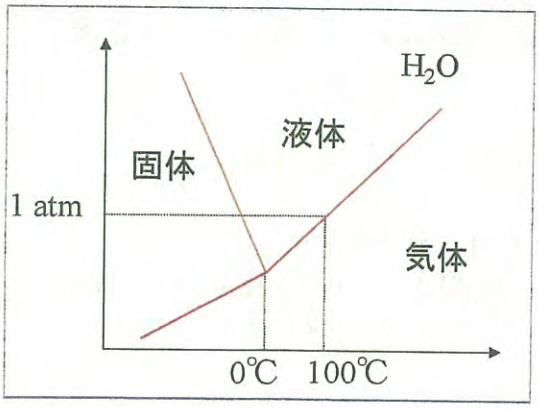
化学組成、化学結合論、結晶構造（原子配列、対称性）

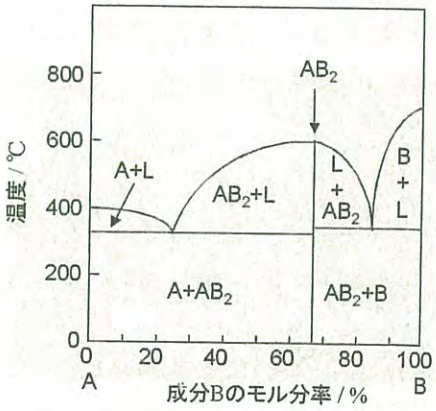
材料の機能設計と新材料プロセッシング

新材料・新機能の設計

周期表を眺めながら原子の組合せを選び、望みの配列（結晶構造）・組織を実現する。

ある温度、圧力の下で、安定に存在する物質の状態は一義的に定まる。（反応温度、圧力、組成が決まると、できるものは決まってしまう！）





平衡状態図

マイクロ波非平衡反応場を利用

新材料・新機能の設計
（デザインができたとしても・・・・・）

従来の化学反応

A + B→C

A、Bは等温下。
生成物Cは状態図により定まる。

マイクロ波照射下の化学反応

A + B→X or Y or Z !!

A、Bの温度が異なる。
平衡状態図からの脱却！

“非平衡”反応場

マイクロ波で化学が変わる！

マイクロ波加熱の3つの特徴

1. 選択加熱

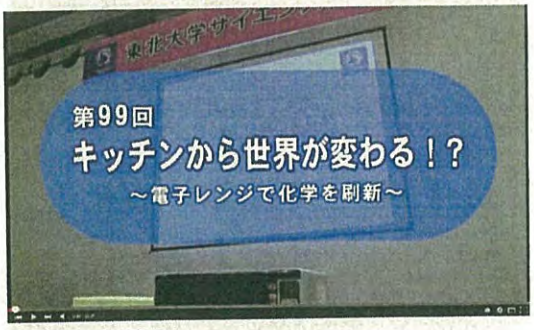
物質によって加熱のされ方が違う ➡ 非等温下で化学反応（非平衡反応）

2. 内部加熱・体積加熱

物質内部から自己発熱 ➡ 通常の加熱とは逆の温度勾配

3. 急速加熱

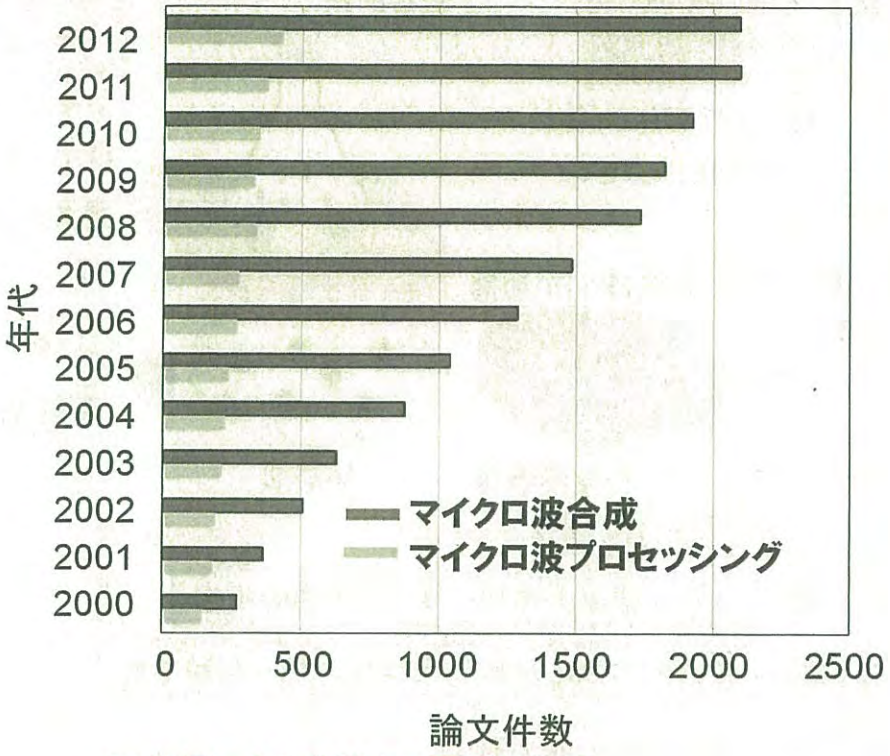
電磁波は光の速度で試料内部に到達、熱伝導に依存しない自己発熱



東北大学サイエンスカフェ（第99回）

東北大学HP下段
動画チャンネル　東北大学Channel
からアクセスできます！

加速するマイクロ波応用技術研究



21世紀に入り世界中で研究が加速

マイクロ波応用技術～材料プロセッシング

・粒子合成（液相合成、固相合成）
　ナノ粒子、複合粒子作製

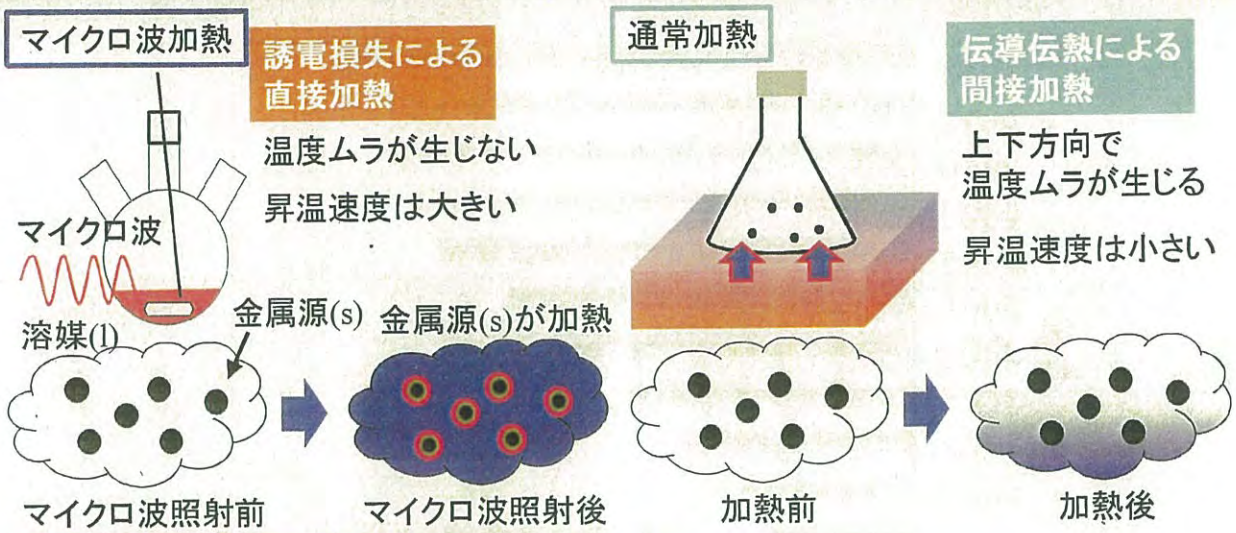
- 急速加熱 → 核生成速度の増加に伴う粒子径の減少
- 均一加熱 → 容器内の反応条件の均質化／均一な粒子径
- 選択加熱 → 特定成分のみ加熱

・薄膜合成（気相・液相からの製膜、結晶化）
　基板との選択加熱を利用、配向性制御
　薄膜の選択加熱による基板選択自由度の拡大 → フレキシブルデバイス
　コーティング形成

・バルク多結晶製造
　成形 → 乾燥 → 脱バインダー → 焼結
　各工程で電磁波エネルギー応用の可能性

・接合（異種材料間の接合）
　電極（燃料電池、太陽電池）、デバイス → 接合技術の革新

粒子合成(固-液系合成) / ナノ粒子合成



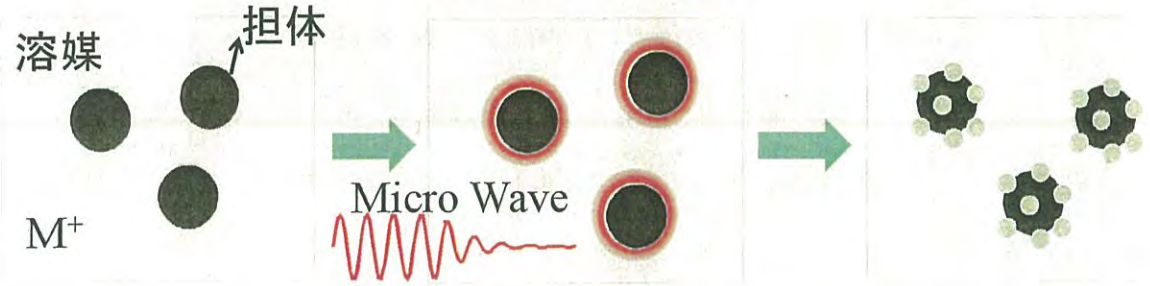
ナノ粒子の固-液系マイクロ波合成

- 急速加熱 → 核生成速度の増加に伴う粒子径の減少
- 均一加熱 → 容器内の反応条件の均質化／均一な粒子径
- 選択加熱 → 特定成分のみ加熱

非平衡反応場での複合粒子の作製

マイクロ波の吸収しやすさ

担体＞溶媒(還元剤)の場合

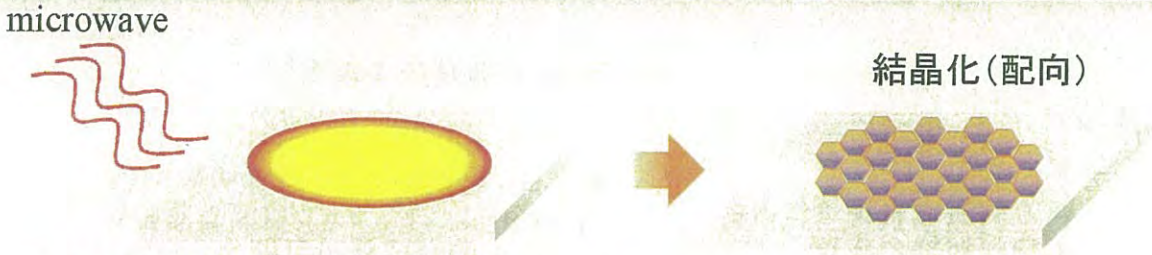


固体と液体の間でマイクロ波吸収に差
→界面に局所的な非平衡反応場

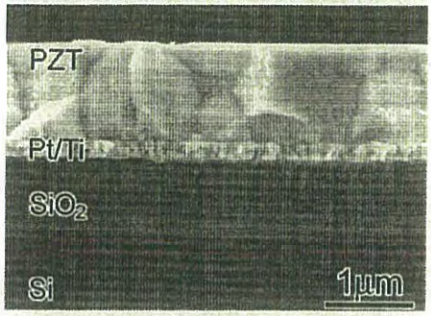
界面での還元、核形成が促進
→担体表面へ均一な担持が期待

均一かつ微細な粒子の担持が求められる
不均一系触媒の分野への応用を期待

薄膜の合成ー基板との選択加熱を利用ー



多層積層構造中の特定部分を選択的に加熱（結晶化・高配向結晶成長）



半導体、誘電体膜、
エレクトロニクス基板製造技術

基板を比較的低温に保つ事が可能

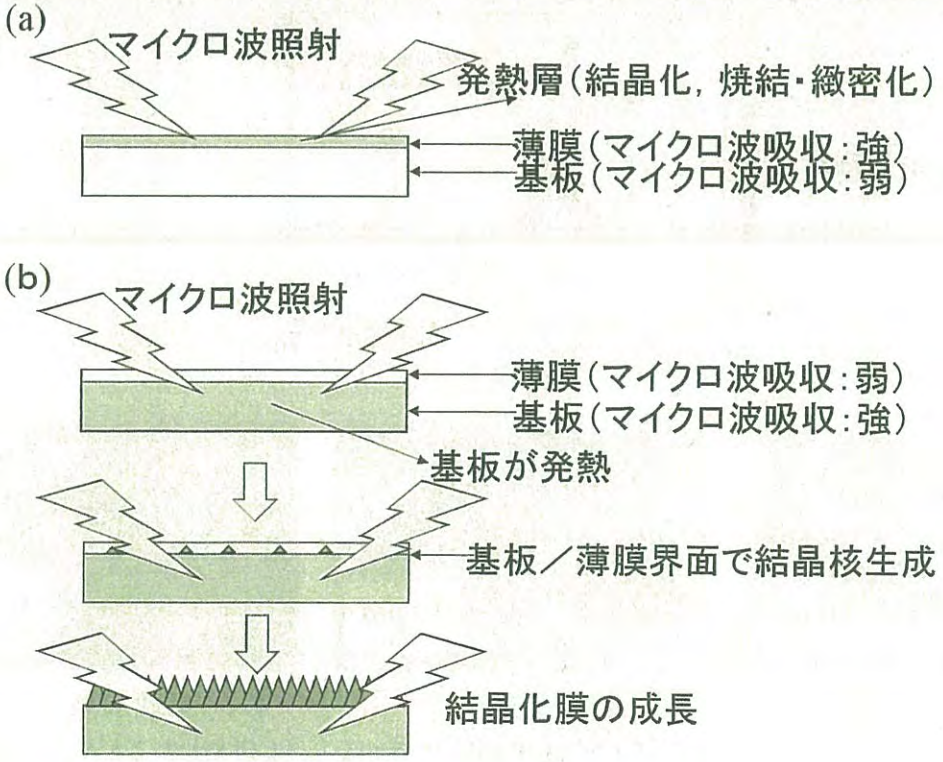
→ 基板選択自由度の増大、低コスト化
→樹脂基板によるフレキシブル素子化

光電エネルギー変換素子への応用

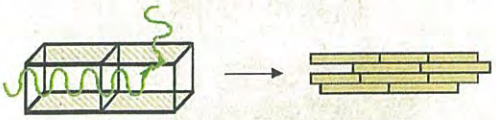
高結晶化度・高配向性結晶

→ 物性・機能の向上

薄膜の合成ー基板との選択加熱を利用ー



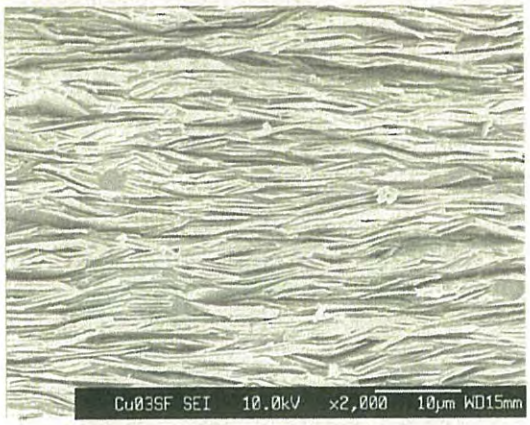
多結晶体の配向組織制御



異方的粒成長促進による
高配向組織の実現

マイクロ波吸収特性の異方性

導電体、磁性体では、物性値の結晶異方性によって、マイクロ波吸収の強い方向への粒成長が可能？



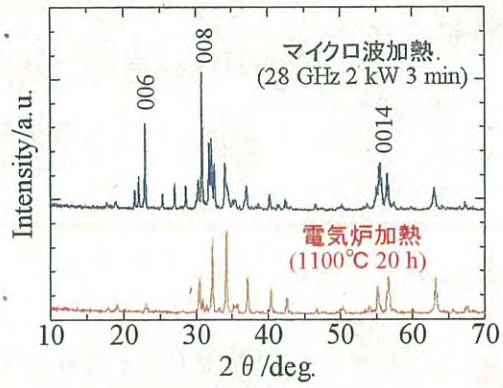
導電性、磁化、超伝導特性等、結晶方位の違いによる優れた特性を最大限利用

熱電変換材料、超伝導材料、
高配向多結晶磁石への応用

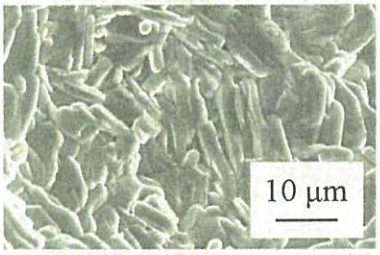
多結晶体の配向組織制御

$BaFe_{12}O_{19}$

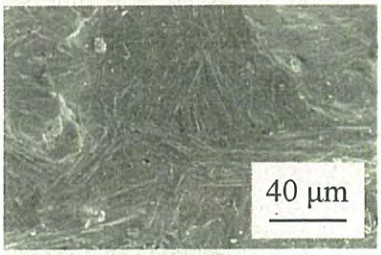
磁気異方性を示す物質



電気炉加熱
(1100℃ 20 h)

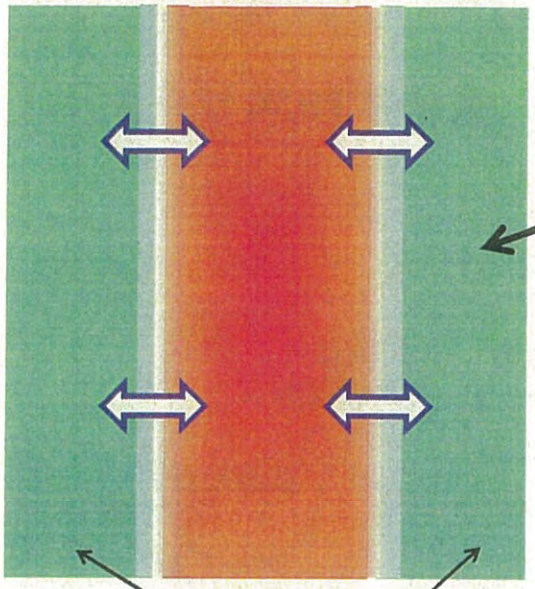


マイクロ波加熱
(2.45 GHz 0.9 kW 30 min)



マイクロ波加熱
(28 GHz 2 kW 3 min)

異種材料間の接合



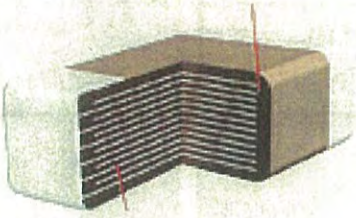
選択加熱

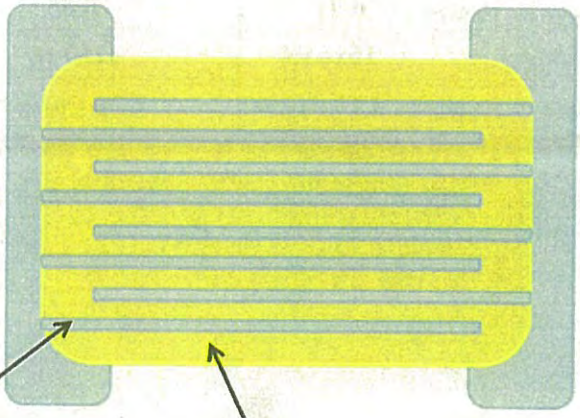
物質拡散
省エネルギー

接合技術の革新

異種材料間の接合

積層セラミックコンデンサ（MLCC）





内部電極（Ni）

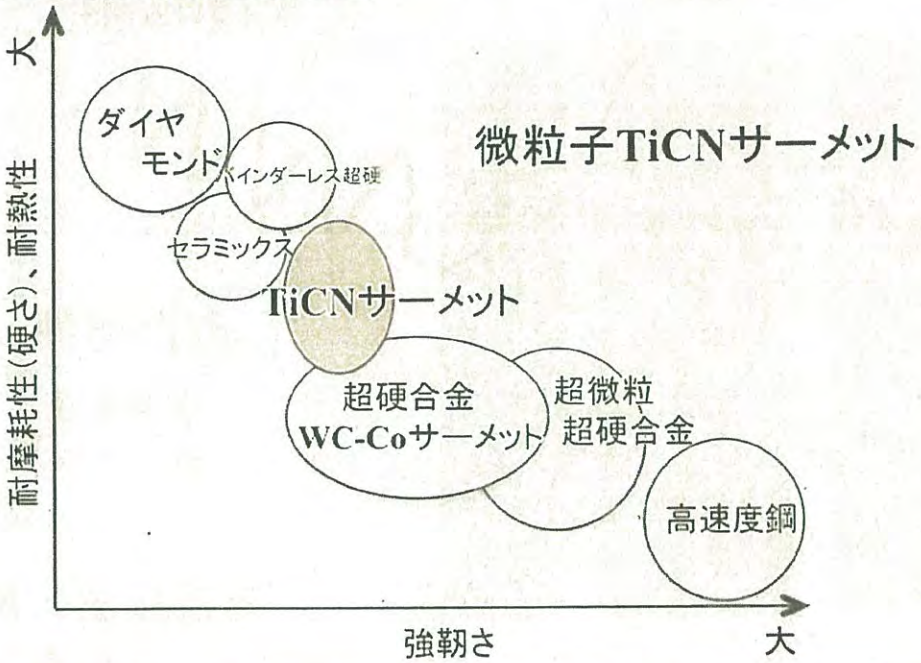
誘電体セラミックス（$BaTiO_3$）

焼結技術の革新！→レアメタル戦略

複合材料：（例）サーメット

TOHOKU UNIVERSITY

各切削工具の靭性と硬度の関係

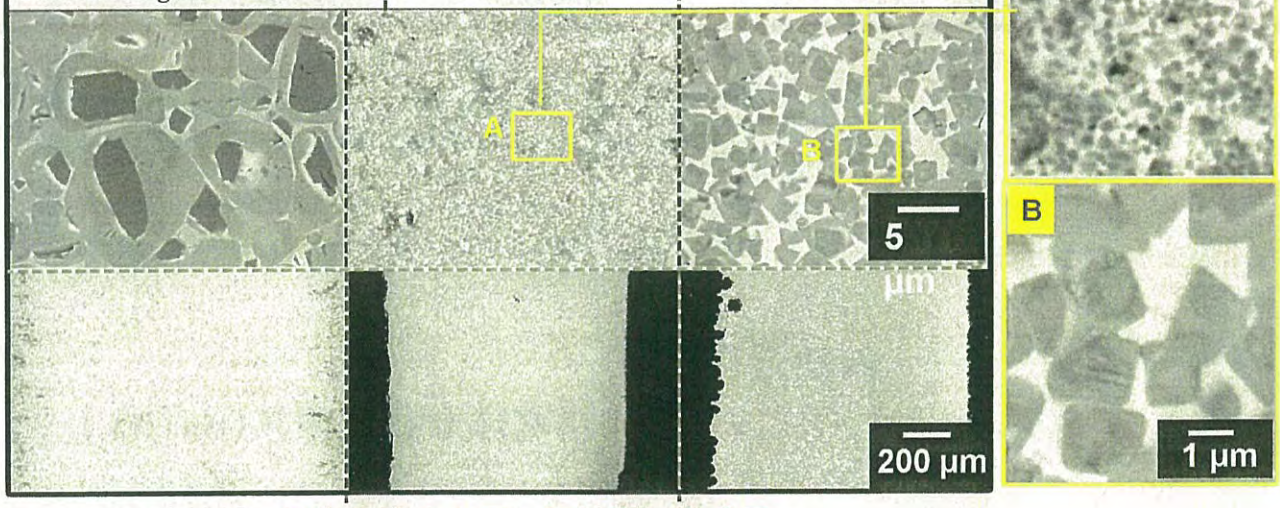


サーメットは硬さと靭性をバランス良く有している材料

複合材料：（例）サーメット

TOHOKU UNIVERSITY

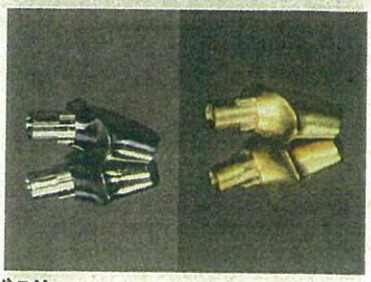
MWS 1275°C/20 min.	MWS 1275°C/ 5 min.	MWS 1275°C/20 min.
TiC (<5 μm)	$TiC_{0.6}N_{0.4}$ (0.2 μm)	$TiC_{0.6}N_{0.4}$ (0.2 μm)
Relative Density 0.91	0.88	0.95
Hardness 1516 Hv	1187 Hv	1604 Hv
Fracture toughness 4.15 GPa•m$^{0.5}$	5.94 GPa•m$^{0.5}$	5.40 GPa•m$^{0.5}$



マイクロ波焼結：緻密化速度上昇＋短時間で粒成長

電気炉焼結と比較: TiCN微粒子、TiC粗大粒子共に組織が大きく粒成長、物性の向上

窒化チタン (TiN) コーティング



特徴と応用

- 高硬度や優れた耐摩耗性、耐酸化性
  - ➡ 切削工具などへのハードコーティング膜
- 審美性や優れた耐摩耗性、生体適合性
  - ➡ 歯科インプラント基材へのハードコーティング膜

従来の製膜方法

- 物理蒸着法 (PVD) や化学蒸着法 (CVD)
- 雰囲気置換や圧力調整が必要

MW法

Ti 粉末中に基材を埋込み、マイクロ波照射する事により、大気雰囲気下において短時間で TiN コーティング膜ができる簡便な製膜の手法

マイクロ波を利用した材料プロセス革新

～電磁波エネルギーの産業応用加速化に向けて～

Innovative Materials Processing Using Microwave Energy

JSPS　188委員会
（H26年度発足）