

July 28 2011

第4回「躍進する新興国の科学技術」研究会 南アフリカ

海外動向ユニット フェロー
北場 林



Center for Research and Development Strategy – Japan Science and Technology Agency

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター

海外動向ユニット

発表内容

- 南アフリカの概況：先進国兼途上国
- 南アフリカの科学技術
- 民主化以降の科学技術政策の展開
- 南アフリカの主要科学技術関連組織
- 今後の重点分野
- 今後の課題



基礎データ

面積

約122万平方キロメートル（日本の約3倍）

人口

約4999万人

首都

プレトリア（ツワナとも。行政首都）

ケープタウン（立法首都）

ブルームフォンティン（司法首都）

GDP（名目）

約2860億ドル（日本：5兆680億ドル）

一人当たりGDP
（名目）

5824ドル（日本：39731ドル）

産業別人口割合

1次産業 5.7%、2次産業 25.7%

3次産業 68.6%

主要産業

金、ダイヤモンド、自動車、金融

主要企業

スタンダード銀行、サソール、デ・ビアス

その他

G20メンバー

南アフリカの人種別人口構成

		南アフリカ人 4999万人									
		アフリカ人 (黒人)		カラード (混血)		インド・ アジア系		白人		合計	
		ズールー人、 コーサ人、ソト 人、ツワナ人、 ペディ人等		コイサン系、 マレー系等				アフリカー ナー、イギリス 系			
人口 (万人/ 割合)	男性	1931	79.4	212	8.7	65	2.7	224	9.2	2433	
	女性	2037	79.4	230	9.0	65	2.5	234	9.1	2566	
	合計	3968	79.4	442	8.8	130	2.6	458	9.0	4999	

出所: Statistics South Africa, Mid-Year Population Estimates 2010

南アフリカの概況：先進国兼途上国（先進国的側面）

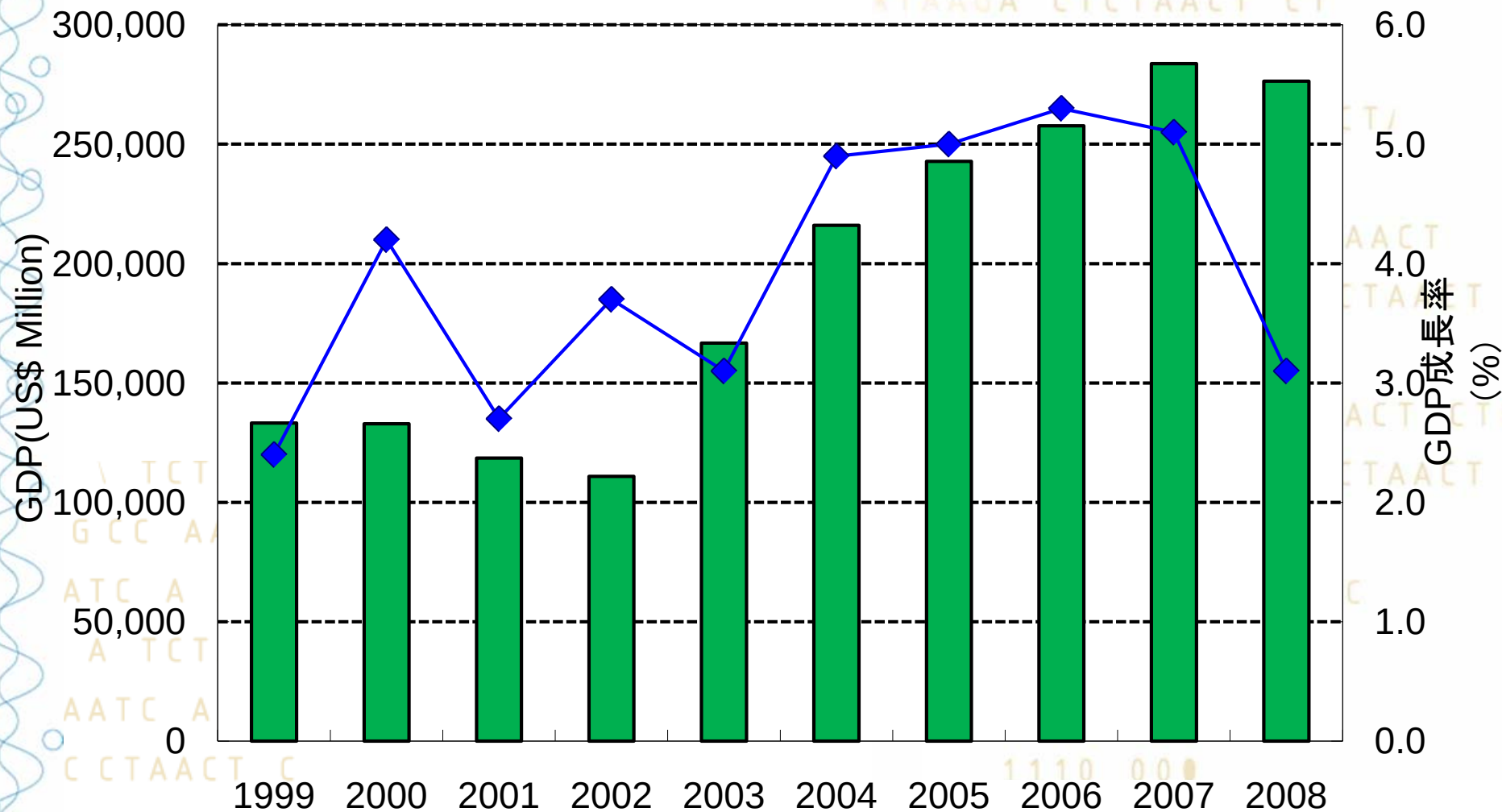
- 1994年の民主化以降、人種間の和解と差別是正に取り組むと共に、資源高を背景に経済成長を遂げ、全アフリカのリーダーとして活動
- 金、ダイヤモンド、プラチナなどの鉱物資源に恵まれたことで、アフリカ53カ国の全GDPの約25%、電力生産の45%を占める経済大国に
- 南ア発のグローバル企業：BHBビルトン、アングロ・アメリカン、SABミラー
- 金融・会計・法律部門の能力は世界トップクラス＝先進国型の経済構造とインフラを保有

南アフリカ鉱物資源埋蔵量(2007/08)

鉱物	金	プラチナ	クロム	バナジウム	チタン	ダイヤモンド
(単位)	(トン)	(トン)	(百万トン)	(キロトン)	(百万トン)	(億US\$)
埋蔵量	36,000	70,000	5,500	12,000	244	14
(世界占有率)	40.1%	87.7%	72.4%	32.0%	16.9%	13.7%
世界順位	1位	1位	1位	1位	2位	3位

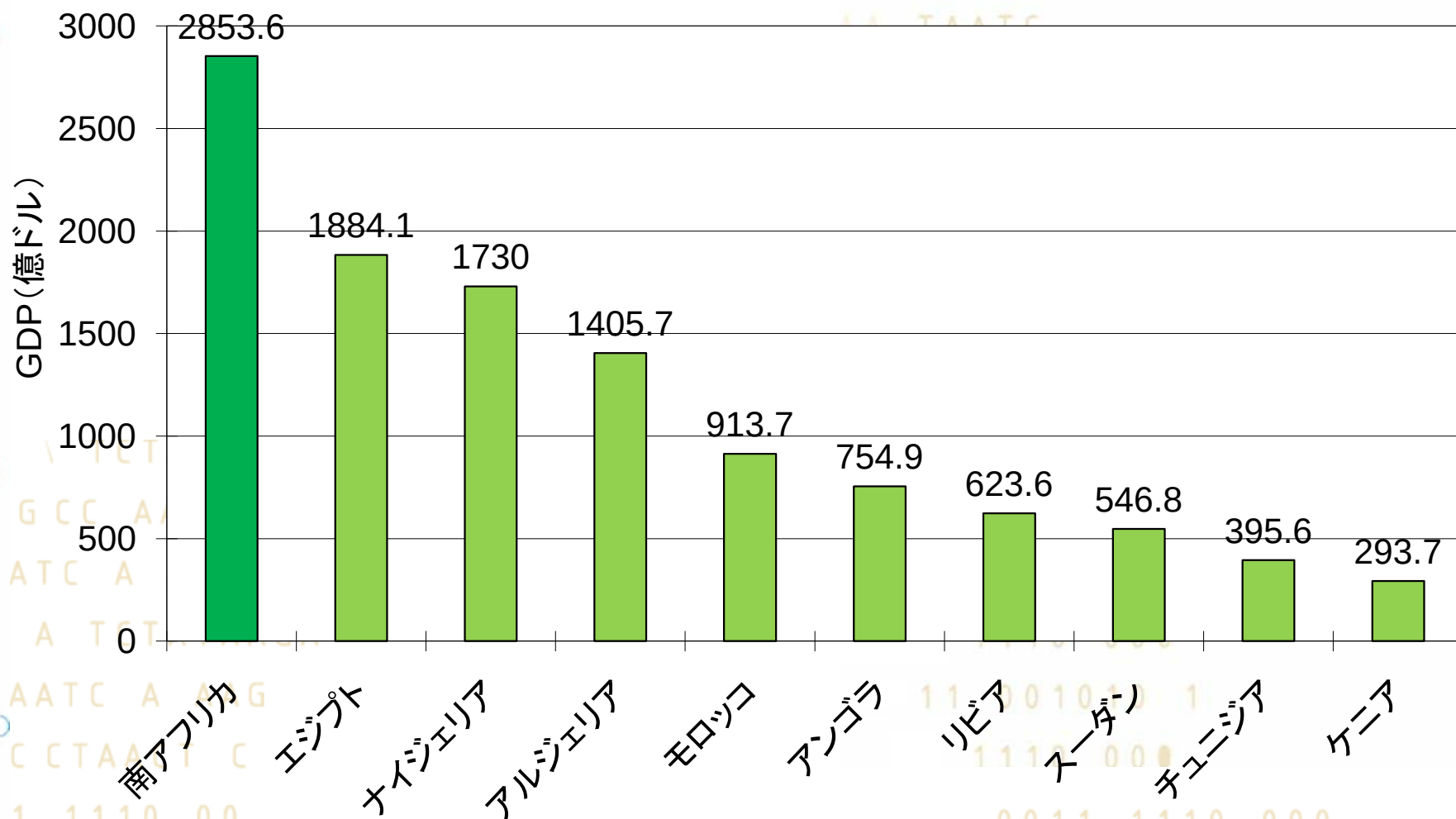
出典: United States Geological Survey

GDPの推移と成長率



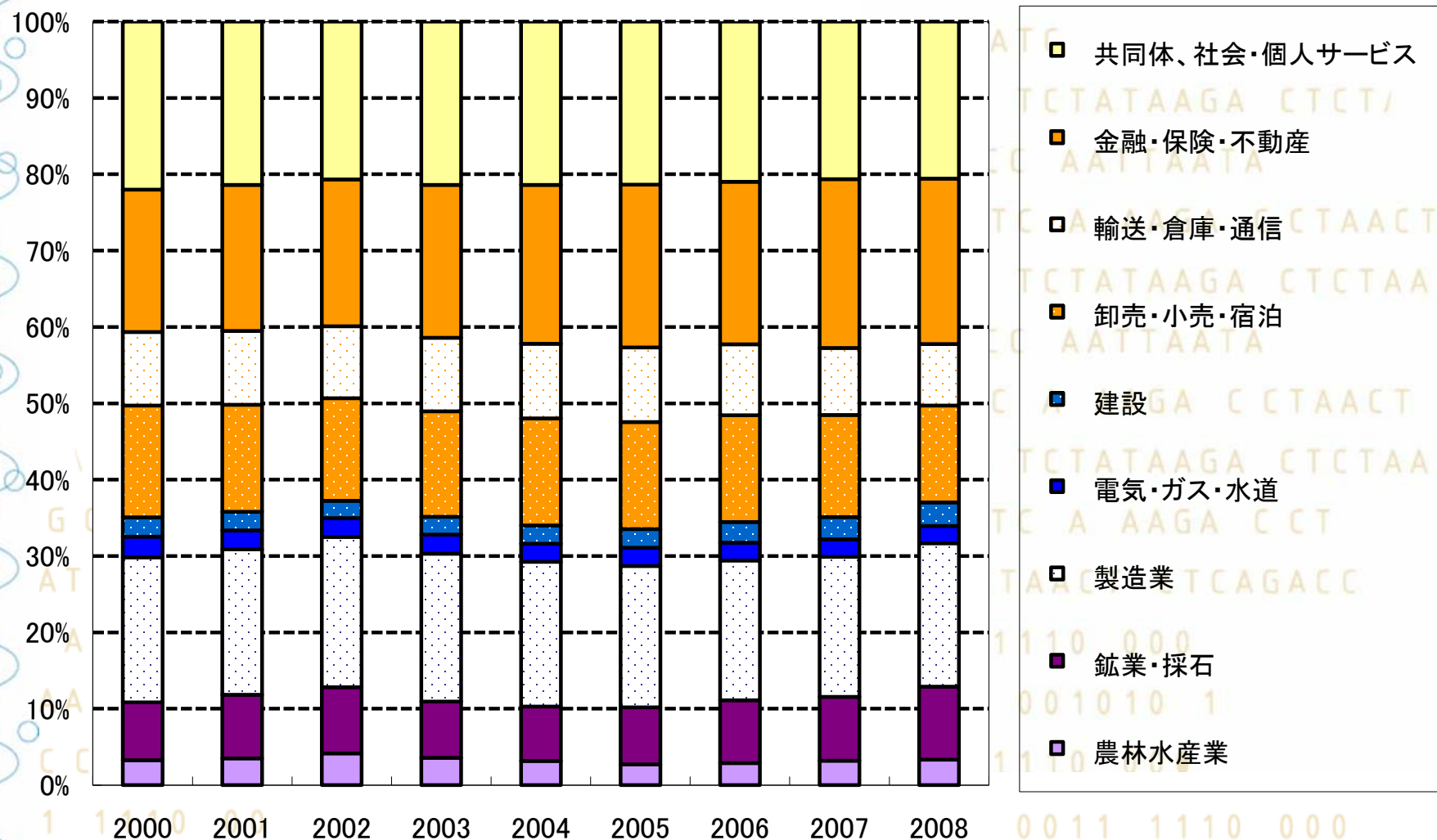
出典：GDP成長率：Statistics South Africa , Gross Domestic Product, First Quarter 2009
GDP総額：South African Reserve Bank , Quarterly Bulletin June 2009

アフリカ大陸 GDP上位国(2009年)



出典: World Development Indicators, 2009

南アフリカにおけるGDP内訳の推移



出典: South African Reserve Bank: Quarterly Bulletin June 2009" 他

南アフリカの概況：先進国兼途上国（途上国的側面）

- アパルトヘイト政策の影響はいまだ大きく、人種間の所得や生活水準の格差が残存
- 500万人を超えるHIV/AIDS感染者
- 都市部の治安悪化
- 25%の高い失業率

G C C A A T T A A T A

A T C A A A G A C C

A A T C A A A G

C C T A A C T C

1 1 1 1 0 0 0

1 1 0 0 1

A T A A G A C T C T A A C T C I

A T C T A T A A G A C T C T

C T C G C C A A T T A A T A

A T T A A T C A A A G A C C T A A C T

T C T A T A A G A C T C T A A C T

C T C G C C A A T T A A T A

T T A A T C A A A G A C C T A A C T C T C

A T C T A T A A G A C T C T A A C T

A T T A A T C A A A G A C C T

G A C C T A A C T C T C A G A C C

1 1 1 0 0 0 0

1 1 0 0 1 0 1 1

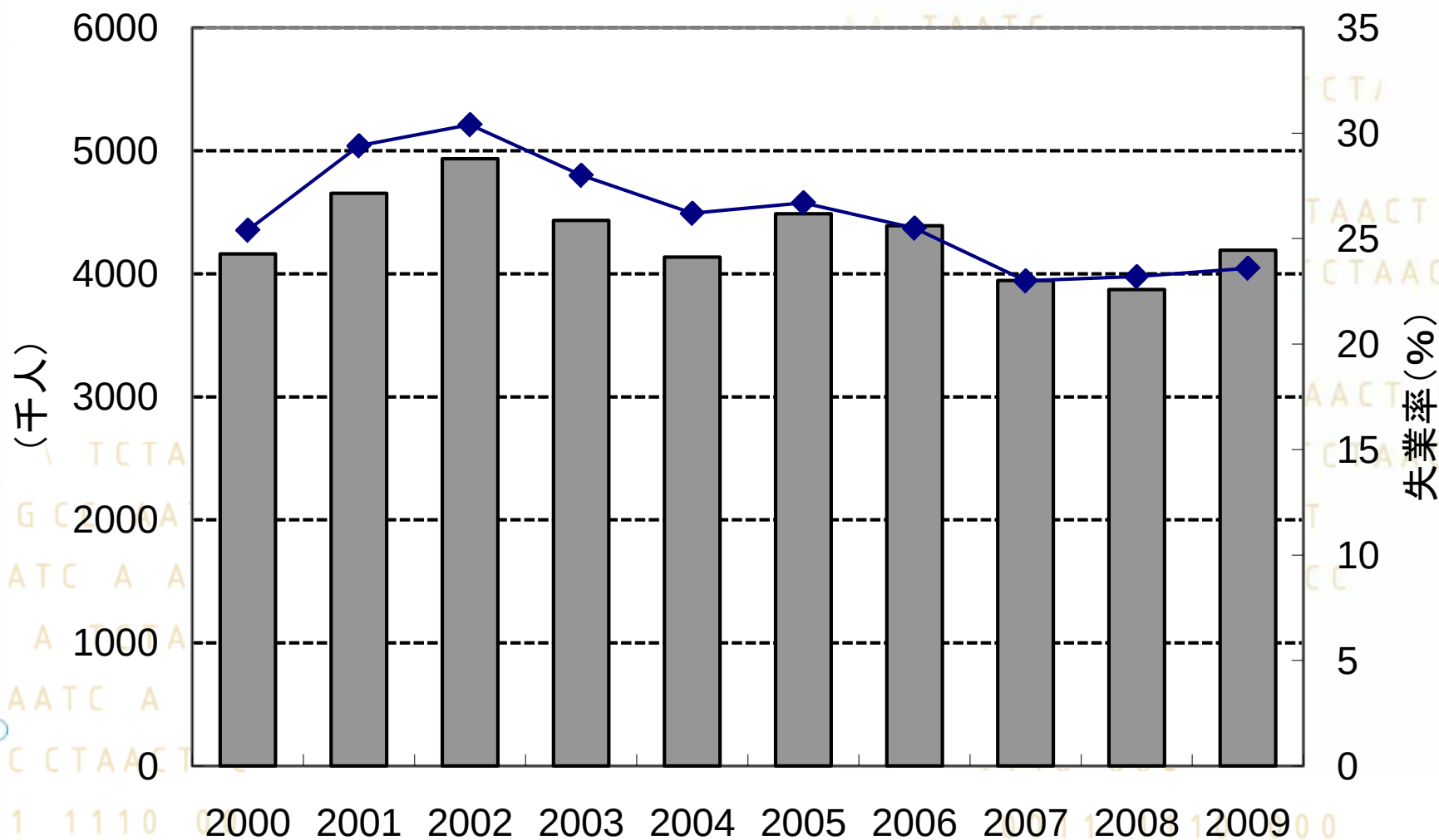
1 1 1 0 0 0

0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0

0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1

1 1 1 1 1 0 0 0

失業者の推移



出典: Statistic South Africa, Labor Force Survey

- 南アフリカの概況：先進国兼途上国
- 南アフリカの科学技術
- 民主化以降の科学技術政策の展開
- 南アフリカの主要科学技術関連組織
- 今後の重点分野
- 今後の課題

南アフリカの科学技術(1): 医学分野での実績

- 黄熱病ワクチンの開発: 1951年、開発者マックス・タイラーはノーベル生理学・医学賞を受賞。
- 世界初の心臓移植手術: 1967年、クリスチャン・バーナードによって、ケープタウンで実施。
- CTスキンの理論的基礎: 開発者アラン・コーマックは1979年にノーベル生理学・医学賞を受賞。

南アフリカの科学技術(2): 先進的な石炭の液化技術

- 資源化学企業サソールの石炭液化技術(CTL: Coal to Liquid): 石炭から液体燃料(ガソリン、軽油、重油など)やガス、化学製品などを生成する技術
- サソールは1955年に低品質石炭から液体燃料を合成する技術開発に成功。南アで消費される液体燃料の35%が、この技術によるものといわれている。
- 石炭液化技術の開発の背景: アパルトヘイトにより欧米諸国から石油の禁輸制裁を受けたため、エネルギー安全保障を確立する必要があった。

南アフリカの科学技術(3): バイオリーシング技術

- バイオリーシング (bioleaching) とは、微生物を用いて鉱物中の有価金属を溶かし出して回収する技術
- 環境を汚染させることなく低品位の鉱物資源から良質の金属を取り出す技術として近年注目されており、南アではすでに実用化されている
- 南アフリカ鉱業技術研究所 (MINTEK) は70年代から研究。
- 日本でも石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) が2005年から技術開発を開始。
- 1 低コスト手法開発のため、両者間で共同研究協力が締結。

南アフリカの科学技術(4):原子力関連技術

- 南アフリカは核兵器を開発・保有しながら、放棄・廃絶した世界唯一の国
- 原子力発電所を稼働させているアフリカ唯一の国
- ケープタウン郊外にフランスから導入したクーバーグ原子力発電所を所有。南アフリカ国営電力公社(ESKOM)の技術力は、アフリカ随一。
- 1990年代から進めてきた第4世代原子力技術であるペブルベッドモジュール型高温ガス炉(PBMR: The pebble bed modular reactor)の開発は、2010年に財源の確保が困難として中止。

- 南アフリカの概況：先進国兼途上国
- 南アフリカの科学技術
- 民主化以降の科学技術政策の展開
- 南アフリカの主要科学技術関連組織
- 今後の重点分野
- 今後の課題

科学技術・イノベーション政策の展開(1996-2010)

1996年	科学技術白書 発表
1998年	国家研究財団(NRF)設立
2000年	国家イノベーション諮問会議(NACI)報告「成長とイノベーション」発表
2001年	国家バイオテクノロジー戦略 発表
2002年	国家研究開発戦略(NRDS)発表
2003年	先進製造技術戦略(AMTS) 発表
	在京大使館、科学技術部門開設
2004年	科学技術省(DST)発足
2005年	情報通信技術研究開発戦略 発表
2006年	国家ナノテクノロジー戦略 発表
2007年	OECDレビュー
2008年	イノベーション10年計画(TYIP)発表
	国家宇宙科学技術戦略 策定
2009年	技術イノベーション機関(TIA)発足
2010年	国立宇宙機関(SANSA)発足

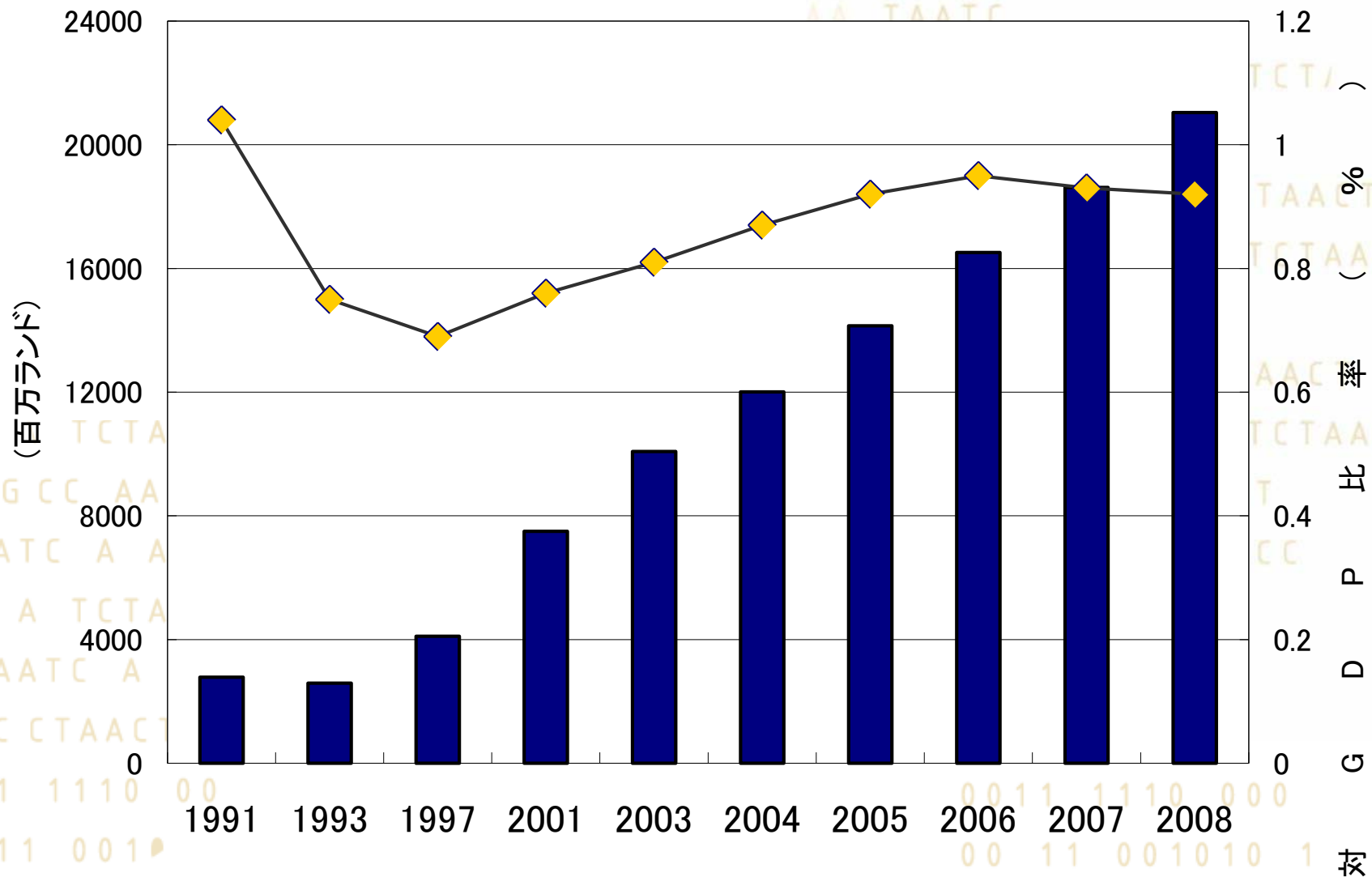
「科学技術白書」と「国家研究開発戦略」

- 1996年の「科学技術白書」で、経済成長や生活の質の改善といった国民的課題に科学技術を活用すること、またそのために「ナショナル・イノベーション・システム」の確立を目指すことを打ち出す。
- 白書のアイデアは2002年の「国家研究開発戦略(NRDS: National Research and Development Strategy)」でさらに具体化。
- ①イノベーションの推進②科学工学技術分野での人的資源の向上③効果的な科学技術行政の構築を謳う。
- とりわけ研究開発費の増額と天文学等の地理的特徴を活かした研究分野への戦略的投資などを強調。

イノベーション10年計画(TYIP: Ten Years Innovation Plan)

- 2008年、DSTが「イノベーション10年計画」を発表。以下の5つの「グランド・チャレンジ」を掲げる。
 1. 南ア固有の知識と生物多様性を活かし、バイオテクノロジーと製薬分野で世界のリーダーを目指す
 2. 宇宙局を設置し、地球観測・通信測位・衛星産業の発展を目指して宇宙科学技術を推進する
 3. クリーン・エネルギーの開発とエネルギー安全保障を確立する
 4. 南アの立地を活かし、気候変動科学を推進し世界のリーダーを目指す
 5. 人間・社会工学を促進し科学技術で社会変革に貢献する
- 「10年計画」は、人的資源の不足という制約の中で、重点分野をバイオ・サイエンス、宇宙科学、エネルギー、気候変動、人材育成及び科技体制強化に絞り込んで位置づけたもの。

南アフリカにおける研究開発費の推移



南アフリカの研究開発投資の特徴

- 民間ビジネス部門が大きな地位を占めている。
- 研究開発費の部門別負担内訳をみるとビジネス部門が57.7%を占め2位の高等教育部門19.4%を大きく引き離してトップとなっている(2007年)。
- 政府部門は22%にすぎず、研究開発投資は日本と同様民間主導であることがうかがえる。
- 支出先の研究分野は、基礎工学関連が22.5%で最大であり、以下医学、情報通信(共に14%)、人文・社会科学(12.4%)と続いている。

- 南アフリカの概況：先進国兼途上国
- 南アフリカの科学技術
- 民主化以降の科学技術政策の展開
- 南アフリカの主要科学技術関連組織
- 今後の重点分野
- 今後の課題

科学技術省 (DST: Department of Science and Technology)

- 2004年設立。年間予算は約383億円(2009年)。
- エネルギー省、貿易産業省と共に政府研究開発の中心機関。
- 傘下にNRF、CSIRなど16の公的研究機関を抱える。



DST傘下の公的研究機関

	研究所名	所在地
1	National Research Foundation (NRF)	Pretoria
2	Agricultural Research Council (ARC)	Pretoria
3	Biotech Regional Innovation Centers (BRICs)	Cape Town, Pretoria, Durban
4	Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)	Pretoria
5	Human Science Research Council (HSRC)	Pretoria
6	Medical Research Council (MRC)	Cape Town
7	Mineral Technology Research (MINTEK)	Randburg
8	Meraka Institute (MI)	Pretoria
9	standards South Africa (stanza)	Pretoria
10	Marine and Coastal Management (MCM)	Cape Town
11	National Institute of Virology (NIV)	Umhlanga
12	National Health Laboratory Service (NHLS)	Johannesburg
13	South African National Energy Research Institute (SANERI)	Cape Town
14	South African Environmental Observatory Network (SAEON)	Pretoria
15	Africa Institute of SA (AISA)	Pretoria
16	The South African Biodiversity Information Facility (SABIF)	Cape Town

主な研究開発関連組織: 政府機関(1)

- 科学産業研究評議会 (CSIR: The Council for Scientific and Industrial Research) : アフリカ最大規模の国立総合研究機関。日本の産業技術総合研究所 (AIST) に相当。
- 常勤スタッフ約2000人を擁し、材料科学、ナノテクノロジー、製造技術、合成生物学、地球観測等に高い研究能力。



000
010 1
000

主な研究開発関連組織：政府機関(2)

- 国家研究財団(NRF: National Research Foundation): 研究助成機関。人文科学、社会自然科学、工学技術といったすべての分野に資金を配分。
- 技術イノベーション機関(TIA: Technology Innovation Agency): 研究開発成果を産業化へ橋渡しするため2009年設立。
- 国立宇宙機関(SANSA: South African National Space Agency): 宇宙新興国を目指して2010年発足。
- この他にも医学や農業、鉱業など専門分野毎に研究評議会(Science Councils)が設置。



主な研究開発関連組織: 大学

- 南アには大学が16校、技術大学が7校、テクニコンが1校。
- 2010年のQS TOP 500には4校がランクイン
 - ケープタウン大学(161位)
 - ウィットウォーターズランド大学(360位)
 - プレトリア大学(451-500位)
 - クワズールー・ナタール大学(501-550位)
- ケープタウン大学: 1829年創立。南アフリカ最古かつ最高の研究機関と称される。
- ウィットウォーターズランド大学: 1922年に鉱山資本によって創立されたアフリカ有数の名門大学。原始人類の研究で世界的に有名。マンデラやブレナーなど4名のノーベル賞受賞者も輩出。

AT A TCTATAAGA CTCTAACT

ケープタウン大学

- 医学分野に定評。
- 世界で始めて心臓移植が行われた病院も同じ敷地内にある。



CTCGCC AATTAATA

TTAATC A AAGA CCTAACT CTC



■ 南アフリカの概況：先進国兼途上国

■ 南アフリカの科学技術

■ 民主化以降の科学技術政策の展開

■ 南アフリカの研究開発関連組織

■ 今後の重点分野

■ 今後の課題

今後の重点分野(1): 生物多様性を生かしたバイオ

- 「南ア固有の知識と生物多様性を活かし、バイオテクノロジーと製薬で世界のリーダーを目指す」(「イノベーション10年計画」)
- 世界第3位の生物多様性資源を保持。南アにしか存在しない固有植物資源は2万種以上。
- これらを利用して新薬を研究開発。既に3000種以上の固有植物が、風邪からHIV/AIDSまで多様な病気の治療に利用。
- BRICs (Biotechnology Regional Innovation Centres)
 - ハウテン州、クワズールー・ナタール州、西ケープ州のバイオテクノロジー学術施設4つから構成されているイノベーション・センター。
 - それぞれの研究施設で特化した研究分野を持ち、バイオテクノロジー研究プラットフォームの構築とバイオテクノロジーの分野で新企業を立ち上げることを目的としている。

今後の重点分野(2):宇宙新興国を目指す

- 地球観測衛星の運用と開発に重点。
- 1999年、南ア初の人工衛星打ち上げ。2009年小型地球観測衛星がソユーズによって打ち上げ。自力での打ち上げ実績はなし。
- 地球観測に関する政府間会合や、地球観測衛星委員会で議長を務めるなど、地球観測分野における国際活動に積極的
- 鉱物資源探査や災害予測、作物の収穫高予測や環境アセスメント、航空・海上業務支援など多くの領域において宇宙からの観測データが有用。

今後の重点分野(3): 地理的条件を生かした天文学

- 南アフリカは高地であるうえに広大で乾燥した土地が多く、天文学の観測に有利
- 2005年に南アフリカ大天体望遠鏡(SALT: Southern African Large Telescope)を建設。光学赤外線望遠鏡としては南半球で最大、世界でも10番目に規模の大きな望遠鏡
- 国際次世代電波望遠鏡プロジェクト「SKA(Square Kilometers Allay)」に参加。オーストラリアと誘致を争う。SKA望遠鏡は他の電波望遠鏡よりも50~100倍精度がよいとされる。

- 南アフリカの概況：先進国兼途上国
- 南アフリカの科学技術
- 民主化以降の科学技術政策の展開
- 南アフリカの研究開発関連組織
- 今後の重点分野
- 今後の課題

今後の課題：研究開発人材の不足

- 科学技術と研究開発の現場で活躍すべき人材が不足していることが、南アフリカの科学技術にとって最大の課題。
- とりわけ研究開発現場における黒人研究者数の不足は深刻＝黒人に対して理数科教育を行ってこなかったアパルトヘイトの負の遺産。
- 南アフリカにおける研究者総数は19320人(2007年)で、研究者数それ自体が他国と比べると著しく少ない。
- 本当の問題は人種間格差。

研究開発人材のいびつな人種構成

	アフリカ人(黒人)		カラード(混血)		インド・アジア系		白人		合計
	ズールー人、コーサ人、ソト人、ツワナ人、ペディ人等		コイサン系、マレー系等				アフリカーナー、イギリス系		
ビジネス	4,630	25.8%	1,013	5.6%	1,385	7.7%	10,922	60.8%	17,950
政府	1,381	49.4%	401	14.4%	131	4.7%	881	31.5%	2,794
高等教育	5,276	24.7%	1,530	7.2%	1,720	8.1%	12,839	60.1%	21,365
非営利	230	45.8%	50	10.0%	41	8.2%	181	36.1%	502
科学評議会	2,595	44.8%	454	7.8%	329	5.7%	2,420	41.7%	5,798
合計	14,112	29.2%	3,448	7.1%	3,606	7.4%	27,243	56.3%	48,409
全人口	3968万人	79.4%	442万人	8.8%	130万人	2.6%	458万人	9%	4999万人

研究開発人材育成の取り組み

- 人種間の格差を是正するために南ア政府はこれまでアファーマティブ・アクション(Affirmative action)として、BEE政策(BEE :Black Economic Empowerment)を採用。
- 2003年に貿易産業省が制定した黒人経済力強化政策。これまで社会的に弱い立場に置かれていた人々を優遇し、地位の向上と社会活動への参加を促す。
- BEE政策と経済成長とが相俟って、“ブラック・ダイヤモンド”と呼ばれる多数の黒人中産階級が生まれ、政府部門と国営企業を中心に黒人と女性の社会進出が進行中。

研究開発人材育成の取り組み

- DSTは、理数教育改革の為に以下のイニシアチブを実施。
 - 理数教育のモデル校(Dinaledi校)を指定し強化する計画を2002年から開始。2008年には、500校に増加。
 - 「“若者を科学へ”戦略」(Youth into Science Strategy): 「国家科学週間イベント」を毎年開催するなど、若年層の科学への興味喚起と能力開発に注力。
 - 高等教育においても、NRFと協力して「南アフリカPhDプロジェクト」を立ち上げ。2005年に1200人だった博士号取得者を2025年までに10倍にするという目標。

まとめ：南アフリカのSWOT

- 強み(Strengths)
 - 資源産業と関連した製造業・サービス業の存在
 - R&D支出の内、企業支出が占める比率の高さ
 - 持続的成長における科学技術イノベーションの重要性に関する政治的認識
- 弱み(Weaknesses)
 - STEM教育のレベルの低さ
 - 研究開発人材の不足
 - 高齢化する白人男性による産業・学術支配
 - イノベーション・システムにおける政府の実行能力
- 機会(Opportunities)
 - 資源高による更なる経済成長
 - 海外直接投資による技術の開発・獲得・習得
- 脅威(Threats)
 - HIV／エイズ
 - 1990年代に生まれた人口群の大幅な増加による、教育・研究制度に対する人口圧力
 - 経済低迷時の社会不安