



Tokyo Tech

事前提出資料

軍事的戦略物質に係る研究開発および管理体制 の変遷についての比較検討

- チタン酸バリウム (BaTiO_3) を例として -

2021.9.26, 日本安全保障貿易管理学会 第32回研究大会

東京工業大学 環境・社会理工学院 イノベーション科学系

小甲 顕史

- 1 本発表の目的
- 2 チタン酸バリウム (BaTiO_3) とは
- 3 技術管理 (研究開発 / 管理体制) の調査方法
- 4 チタン酸バリウムに係る国内外の枠組み

本資料の内容は発表者個人の見解であり、発表者の所属先の見解ではありません。
本資料の無断の複製・転載等はお控えください。

1 本発表の目的

チタン酸バリウム (BaTiO_3) は、第2次世界大戦中に日米ソにおいて、それぞれ個別に発見された。 BaTiO_3 は、現在でも、防衛装備を含む電気・電子デバイスにおいて重要な要素技術として位置付けられている。このため、**軍事戦略的に意義を持つ** BaTiO_3 の研究開発 / 管理体制を調べることで、日本における戦略物質の取り扱われの推移（技術安全保障戦略）を概観することができる。

本発表では、 BaTiO_3 の技術文献（特許公報）を用いてその発展の推移を調査する。これにより、1970年以降の我が国の技術側面における安全保障戦略を概観する。

2 チタン酸バリウム (BaTiO_3) とは

チタン酸バリウム (BaTiO_3) の発見

- ü 第2次世界大戦中に**日本・アメリカ・旧ソ連**において、ほぼ同時期に発見された強誘電体物質のこと。

当時 BaTiO_3 は、日本においては軍事機密として発見の事実が秘匿された（米国・旧ソ連も同様）。研究当時の記録は戦災で消失してしまい、詳細は明らかになっていない。戦後、初めて特許出願・学術報告がなされている。

開発の端尾として、第1次世界大戦でのUボートの脅威を認識した海軍が、**ソナー**（民生分野としては、**魚群探知器**）開発を進めたことが挙げられる。ソナーの素子としては、主にニッケルが使用されていた。ニッケル（Ni）は高価かつ、輸入依存度が100%であった（ソ連、仏印、カナダなどで主に産出）。

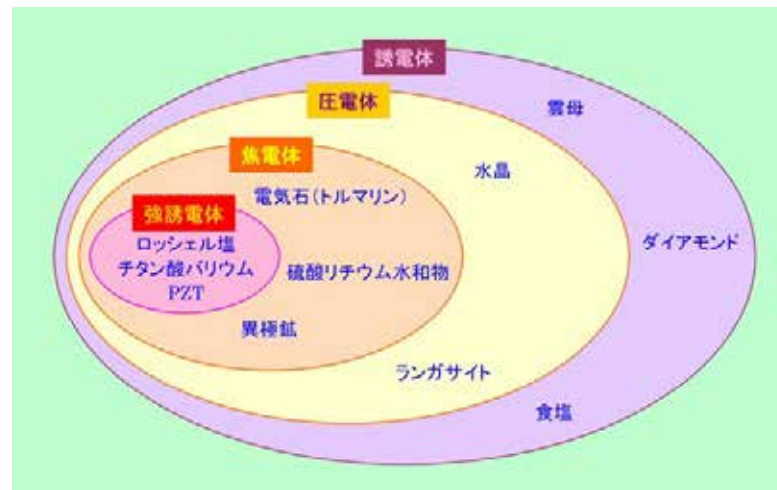
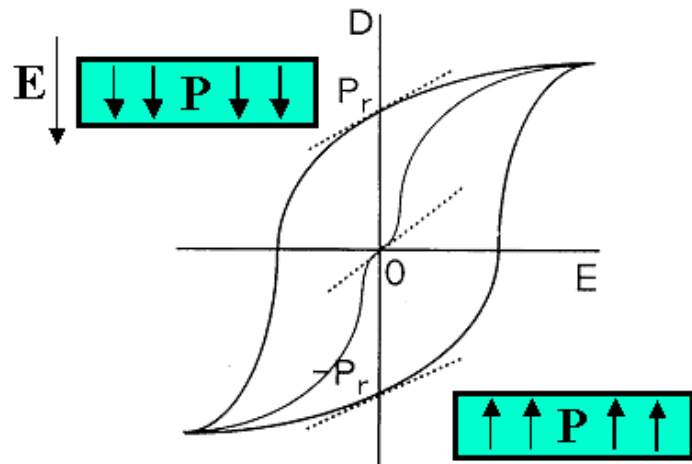
一方で、バリウム（Ba）は中国、チタン（Ti）はオーストラリアで主に産出されており、ニッケルに比べて入手が容易であったと思われる。

2 チタン酸バリウム (BaTiO₃) とは

強誘電体物質とは

ü 自発分極を持つ誘電体（セラミックス、プラスチックなど）のことであり、電荷を蓄積するコンデンサなどに用いられる。

魚群探知機、ソナーなどのほか、パソコンやメモリの素子にも有用



<http://www.d-nanodev.riec.tohoku.ac.jp/research3/whats-sndm-v2/index-j.html>
<https://hr-inoue.net/zscience/topics/dielectric2/dielectric2.html>
<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000003.000048514.html>
<https://www.jreast.co.jp/suica/howtoget/>

2 チタン酸バリウム (BaTiO₃) とは

BaTiO₃の開発の推移 (公開特許公報による)



ü 2005 ~ 2020年までのチタン酸バリウムに関連する特許出願数の動向は、国内特許出願数の動向と同様の傾向を示す。(言い換えると、チタン酸バリウムが発明に用いられる割合は少なくとも、最近15年間で変わっていない。

ü **チタン酸バリウムに代わる強誘電体物質が、未だに見られていない証左ともいえる。**

2 チタン酸バリウム (BaTiO₃) とは

(焼成温度の図)

【参考】BaTiO₃の特許第1号 (昭和22年)

20 A 23

日本政府

175153

(全 3 頁)

特許發明明細書

發明者 小川建男 埼玉縣北葛飾郡櫻田村上川崎 438
 同 和久茂 東京都豊島區長崎 2 の 1 三義舎内
 特許權者 電氣試験所長

公告 昭 22. 7. 12 (特公 昭22—1060)

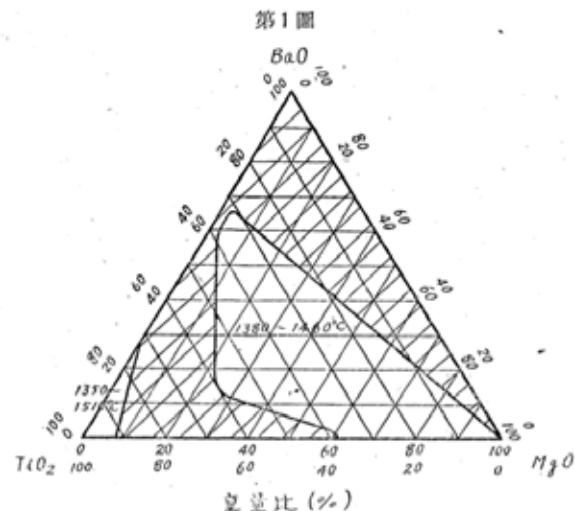
特許 昭 22. 10. 20 出願 昭 21. 11. 1 (特願 昭21—6472) 發行 昭 24. 10. 3

誘電率甚だ大なる磁器の製造法

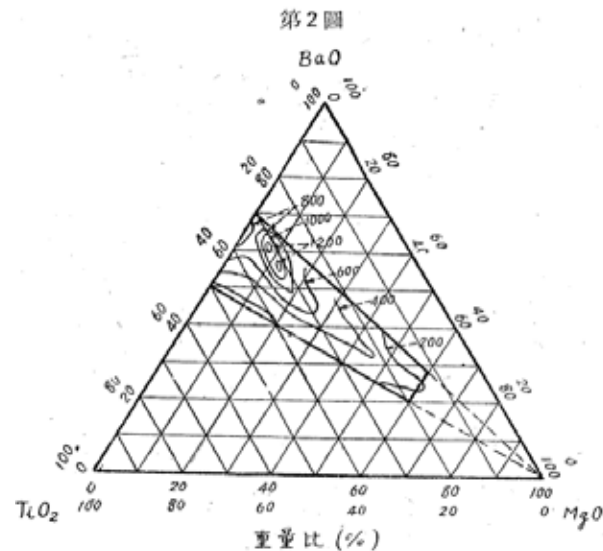
發明の性質及目的の要領

本發明は酸化チタン、マグネシア及酸化バリウムより成る磁器を製造するに際し重量比にて酸化チタン30乃至50%酸化バリウム50乃至70%なる如く配合せる第1成分に第2成分としてマグネシアを配合してマグネシアの配合比を總量の3乃至60%ならしめたる混合物を攝氏1380度乃至1460度にて焼成することを特徴とする誘電率甚だ大なる磁器の製造法に係り其の目的とする所は形小にして静電容量甚だ大なる蓄電器の誘電體等を得んとするに在り

比にて酸化チタン30—35% マグネシア 0—20% 残部酸化バリウムなる組成の磁器は誘電率1000を超過せり
 第1圖及第2圖より明かなる如く重量比にて酸化チタン30乃至50%酸化バリウム70乃至50%なる第1成分に第2成分としてマグネシアを配合してマグネシアの配合比を總量の3乃至60%ならしめたる組成の磁器は攝氏1380度乃至1460度にて緻密に焼成することを得其誘電率は200以上を有す此の組成の磁器の性能を詳細に測定せる結果誘電體力率は室温10メガサイクルにて10000分の100程度



(誘電率の分布)



3 技術管理（研究開発 / 管理体制）の調査方法

本発表では、1971年～2020年のチタン酸バリウムの技術管理を調査することにより、その期間の日本の技術安全保障戦略について概説することが目的である。このために、以下のステップ

「技術予測の方法論」に、1971年～2020年のチタン酸バリウムの技術推移を当てはめ、その方法論のスコープ内に、チタン酸バリウムの技術予測が当てはまるかを確認する。

方法論に当てはまらない場合(仮説として恐らく当てはまらない)、その逸脱した部分を、チタン酸バリウムが持つ軍事的意義に依拠する（技術安全保障に依拠する）と推定する。

3 技術管理（研究開発 / 管理体制）の調査方法

技術予測の方法論

シナリオ

卓越した個人の見識による予測

専門家パネル会合

SWOT分析

環境認識

技術ロードマップ

キーテクノロジー

トレンド外挿法

クロスインパクト分析

デルファイ法

シミュレーション・モデリング

番号が小さいほど定性的

番号が大きいほど定量的

本件では、「**技術ロードマップ**」が妥当な方法と考えられる。

3 技術管理（研究開発 / 管理体制）の調査方法

技術ロードマップの定義

将来における市場や社会情勢、国内外における技術の比較優位性等を総合的に検討し、目標とすべき技術の将来像について関係者における合意形成を目指し、それを視覚的に提示したもの。長所としては、長期的な研究開発戦略の明確化、 産学官連携による統一された実現目標の共有、 技術の高度化・複雑化に対応した研究開発のコミュニケーションおよびコラボレーションの促進、 技術ベンチマーク効果、 技術的限界の顕在化などがある。

具体例として、国際半導体技術ロードマッピング(ITRS)、EUナノロードマップなど。（電気電子分野、要素技術に効果が高い。チタン酸バリウムの技術予測には非常に有用）

3 技術管理 (研究開発 / 管理体制) の調査方法

【参考】技術ロードマップの具体例 (電子セラミックス)

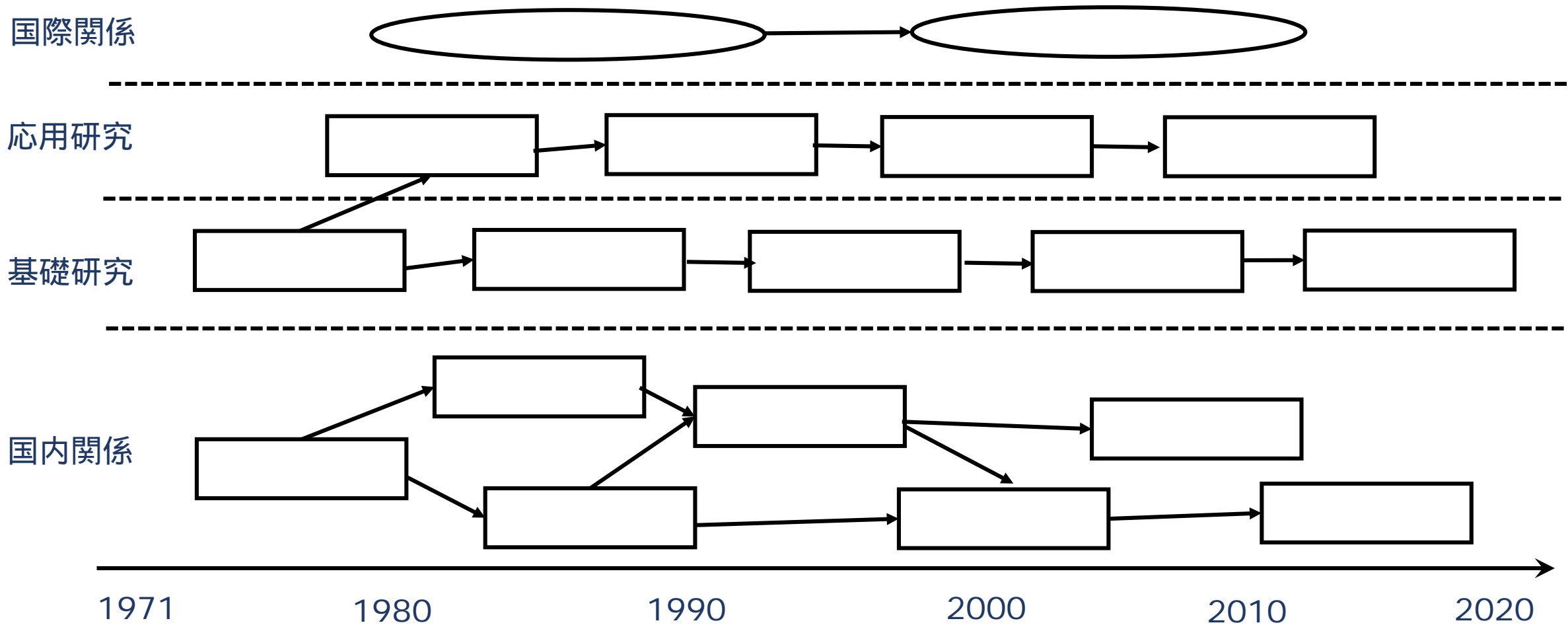
	2016	2020	2025	2030	2040
社会 (Society)					
人工知能 (AI)	パターン認識・機械学習	Deep Learning	自律思考	スピントロニクス	量子コンピュータ
ロボット		介護・コミュニケーション型ロボット	スマートアクチュエータ		
IoT (Internet of Things)	高感度センサー・五感センサー 空間位置検出 (GPS・ジャイロ) エネルギーハーベスティング	フレキシブルセンサー	筋電・生体センサー	脳波センサー	
自動車	衝突防止レーダ プラグインHEV・電気自動車	隊列走行 燃料電池・水素自動車	全自動走行		
環境・エネルギー	先進LIB	SOFc	水素生成 メタノール燃料電池 二酸化炭素 (CO2) の回収・貯留 (CCS)	人工光合成技術 CO2吸着・固定化技術	
電子セラミックス					
多層コンデンサ (電子部品)	微粒子化 非BT材料 希土類レス 銅内部電極化 既存プロセス高度化	薄膜プロセス (1層厚/サイズ/容量) (0.1um/01005/100uF)	(50nm/004002/100uF)	アルミ内部電極 超薄型・フレキシブル化	
誘電体材料	高誘電率材料探索 (2原子結晶 [HfO2等], MPB, 粒制御) マルチフェロイック (結晶探索 → 特性向上 → デバイス化)				
高温電子セラミックス		車載環境対応 耐熱性材料 (200°C~)	過酷環境対応 耐熱材料の薄膜化	宇宙環境対応 耐熱材料のフレキシブル膜化	高機能・小型モジュール化
低温プロセス	脱真空・常温プロセス	フレキシブル膜プロセス	有機複合	配向フレキシブルプロセス	高機能フレキシブル膜
界面制御	コールドシンタリング・氷加速固相反応・ナノ粒子成膜・ナノシート				
ナノクリスタル	原子層制御技術	傾斜組織制御技術	高次元構造制御	自己組織化	人工超格子新規発現材料
	ナノクリスタルのテーラーメイド合成 (組成、構造、サイズ、形状を高度に制御)	精密集積による高次ナノ構造設計	異種材料との接合による 機能デバイス提案	ナノクリスタルを利用した 新原理・新構造・デバイス学理の創出	
環境・エネルギー関連材料	エネルギーハーベスティング (熱電、圧電・電気熱量効果) MEMS複合 生体親和性 (電源、センサー、アクチュエータ)	大容量急速充電電池・電気二重層キャパシタ (ナノシート)	医療・生体応用		
	光励起半導体材料 (高輝度蛍光体)	高活性光触媒・OER触媒・CO2吸着材料	人工光合成技術		

・ 横軸に時間軸

・ 縦軸に社会現象等を層状に積み重ね、事象の関係性について記述する。

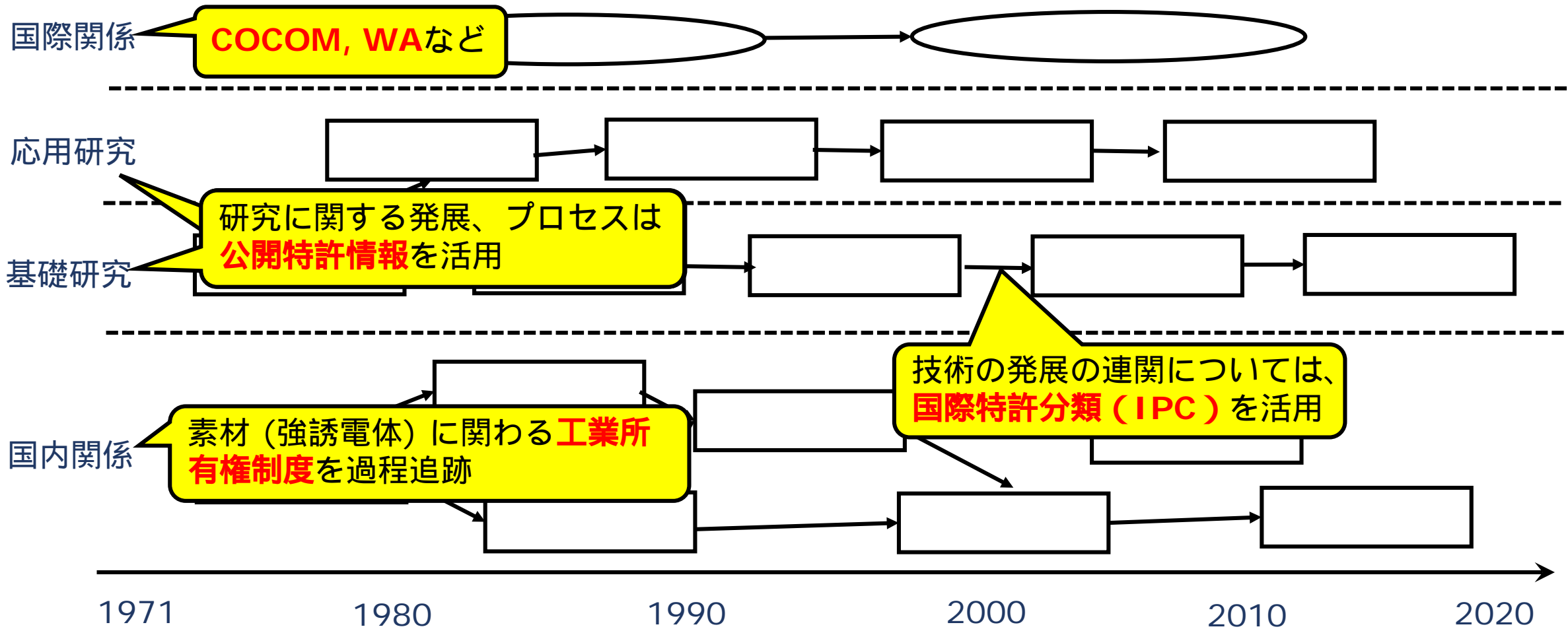
3 技術管理 (研究開発 / 管理体制) の調査方法

BaTiO₃における技術ロードマップのフォーマット



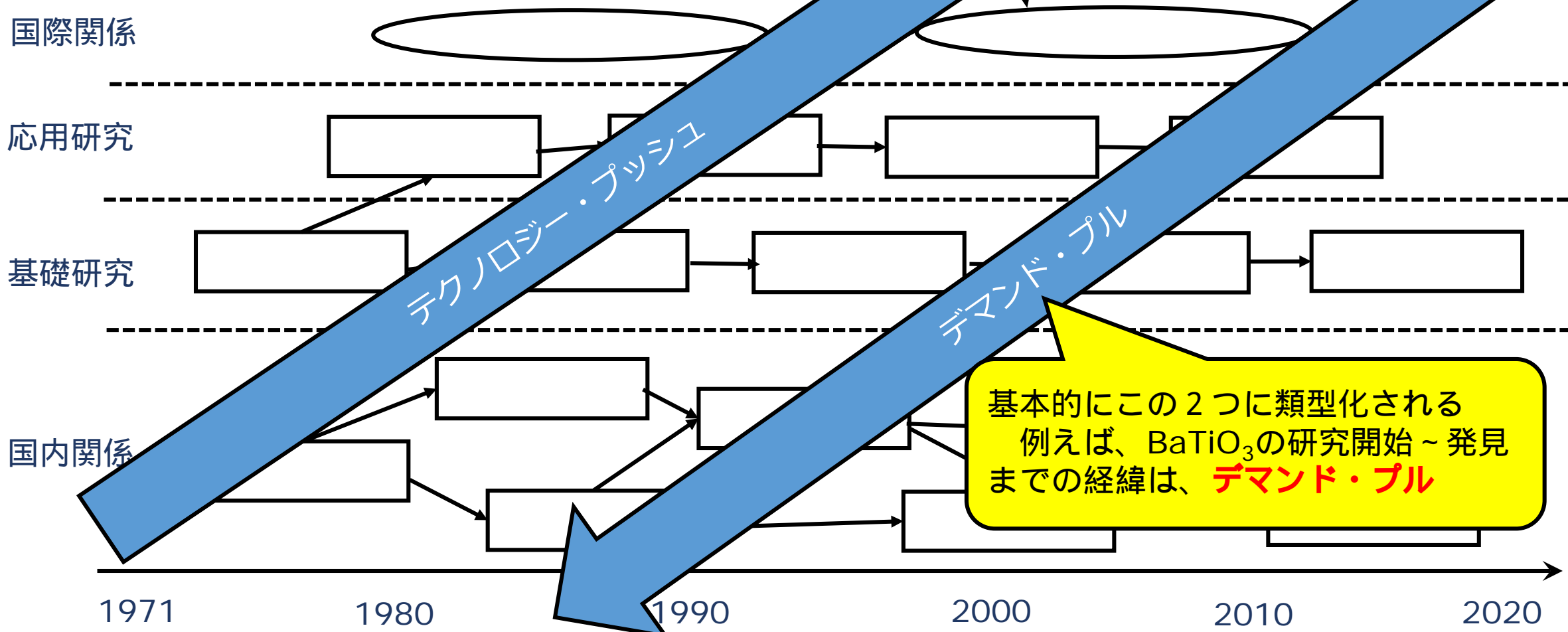
3 技術管理（研究開発 / 管理体制）の調査方法

BaTiO₃における技術ロードマップのフォーマット



3 技術管理（研究開発 / 管理体制）の調査方法

技術ロードマップの類別



4 チタン酸バリウムに係る国内外の枠組み

BaTiO₃に係る国際的枠組みについて

ココム規制（1949～1994）

武器、ハイテク汎用品を西側から東側への輸出阻止

原子力供給グループ（パート1 1977～、パート2 1992～）

原子力専用品・原子力関連汎用品等を規制

オーストラリアグループ（1985～）

化学・生物兵器の原材料関連汎用品等を規制

ミサイル技術管理レジーム（1987～）

ミサイル、部品および製造設備等を規制

ワッセナー・アレンジメント（1996～）

補完的輸出規制（1996～）

キャッチオール規制（2002～）

4 チタン酸バリウムに係る国内外の枠組み

BaTiO₃に係る国内の枠組みについて

本発表では、BaTiO₃の技術発展の推移に特許公報を用いる。このため、特許に関連する工業所有権制度を主な国内の枠組みとして取り上げる。

秘密特許解除、国有特許

戦時的工業所有権法令の廃止

原子力基本法の制定と原子力特許

日米技術協定

昭和34年法改正

昭和41、45、50年法改正



Thank You

