

科学的イノベーションによる科学知識の爆発 — 青色発光ダイオード開発の定量分析 —

立命館大学大学院 テクノロジー・マネジメント研究科 品川啓介
Email; gr0109pe@ed.ritsumei.ac.jp

-背景-

- 科学は知識の累積によって進歩する(Kuhn, 1962)[1]。
- 科学進歩は論文累積数推移から推し量ることができる(Price, 1963)[2]。
- 論文累積数はロジスティックカーブを描きながら急増する(「科学知識の爆発」と呼ぶ)(Price, 1963)[2]。
- 「科学知識の爆発」は、新しいアイデアが人から人へと口コミで伝わるイノベーションの普及プロセス(Rogers 1962)[3]によって説明される(Gupta, 1995)[4]。

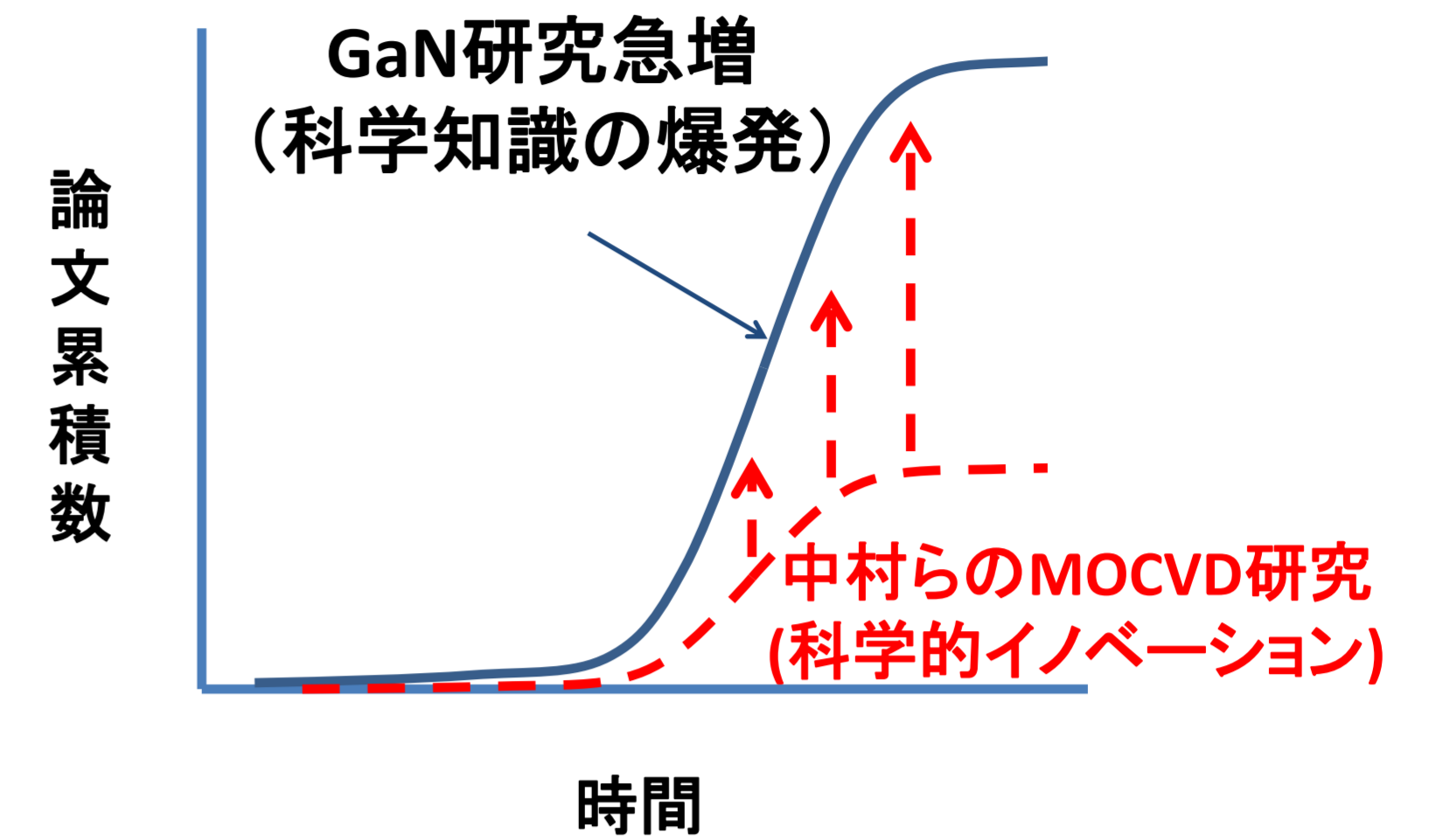
-仮説-

- ロジスティック式に近似されるような論文累積数の急増=科学的イノベーション発生
- 一次式に近似されるような単調増加。=科学的イノベーション不在(科学的イノベーション:後の研究に波及する画期的な科学の発見)。

-事例-

- 青色発光ダイオードにおける発光材料開発比較: GaN結晶 vs. ZnSe結晶開発

[仮説]科学的イノベーションと科学知識の爆発 (青色発光ダイオード開発の例)

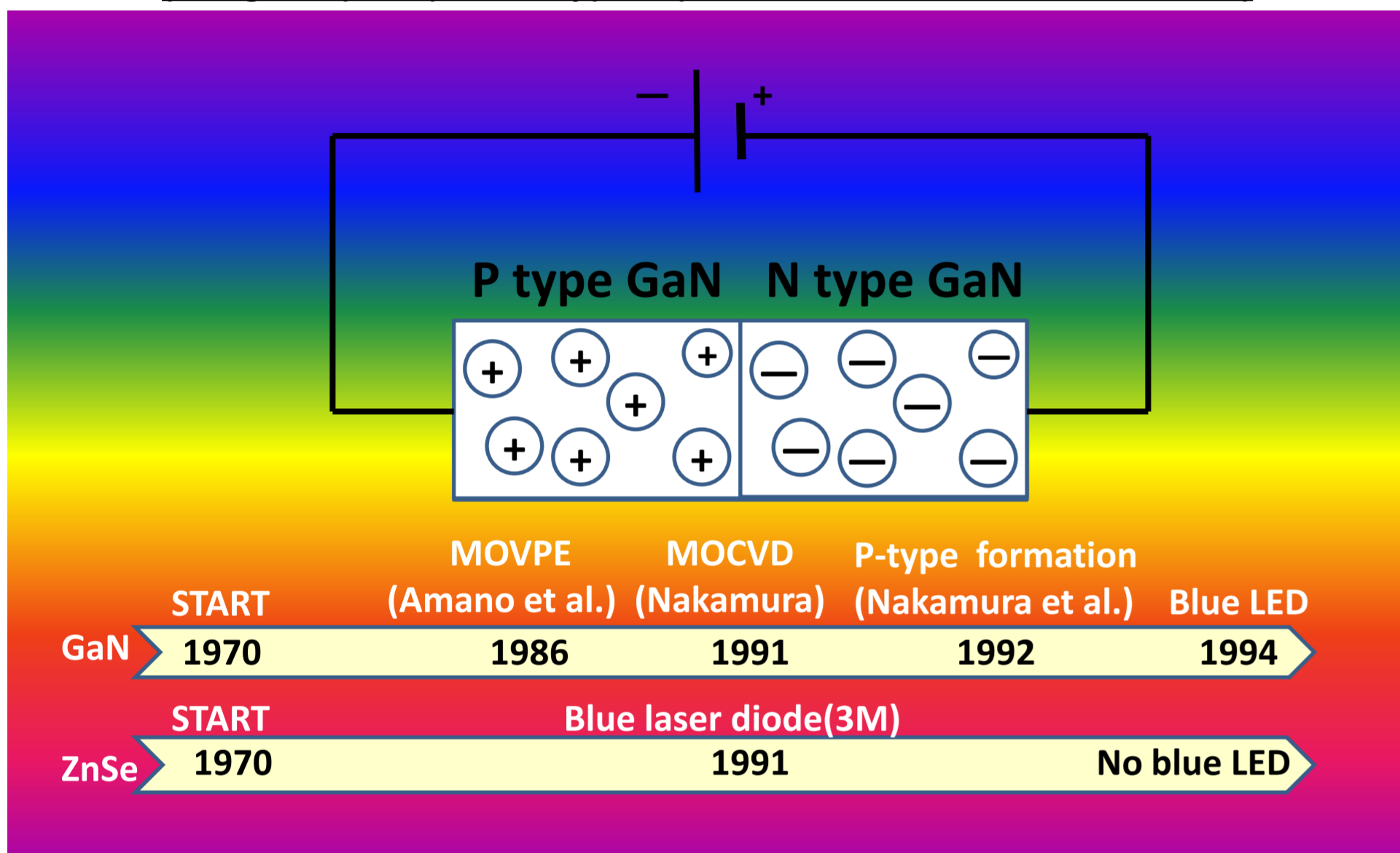


[1]Kuhn,T.S. The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press(1962).
[2]Price,D.J.de.S. Little Science, Big Science. Columbia University Press(1963).
[3]Rogers,E.M. Diffusion of innovations.The Free Press of Glencoe Division of The Macmillan Co(1962).
[4]Gupta, B. M et al., "Modelling the Growth of Papers in a Scientific Specialty." Scientometrics 33,pp.187-201(1995).

-分析結果-

青色発光ダイオードの開発史

(Ymaguchi (2006),Mowery(2006) et al.の文献を参考に筆者が作成)



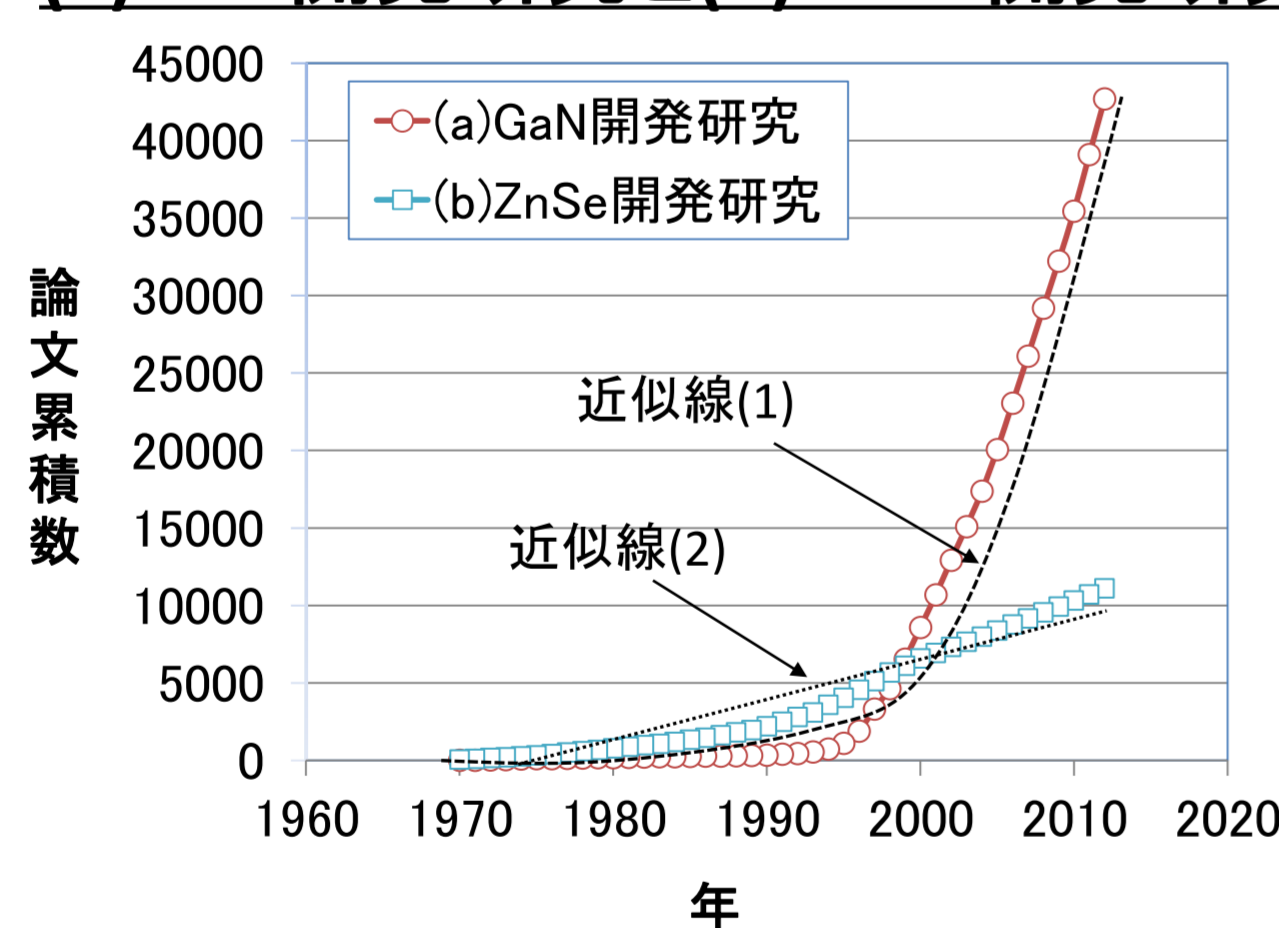
GaN開発研究: MOCVD (=MOVPE)と呼ばれる新しいプロセス技術が成功の鍵となる。

ZnSe開発研究: 製品開発成功に至らず。MOCVDのような新しいプロセス技術は生まれず。

注)著者が2013年8月に調査した結果

論文累積数推移

(a)GaN開発研究と(b) ZnSe開発研究



近似線(1) $E(Yt) = \left(\frac{1}{80000} + (9.043E + 167) \times 0.821^t\right)^{-1}$ $R^2 = 0.949$
 近似線(2) $E(Yt) = -556525.776 + 281.523t$ $R^2 = 0.930$

GaN開発研究: ロジスティック式に近似できる。インパクトのある研究の存在の可能性がある。
 ZnSe開発研究: 一次式に近似できる。インパクトのある研究不在の可能性がある。

-発見事実-

青色発光ダイオードの製品開発の成功の背後には、科学的知識の爆発(=研究の急増)が存在し、その様子は論文数の急増によって観察され、その因子のひとつとして科学的イノベーションが存在することが発見された。

-考察-

天野ら(1986): 新しい科学の発見の役割を担った。
 中村(1991): 論文急増の役割を担った(イノベーションの役割をになった。)
 →各研究の役割が定量的に示された(本研究の新規性)。

上記の研究は、いずれもMOCVDと呼ばれる新しいプロセス技術の開発研究であった。
 →経営学で、製品開発成功に波及するようなプロセス技術の報告はほとんど見られない(この点で重要と考えられる。)

注)著者が2013年8月に調査した結果

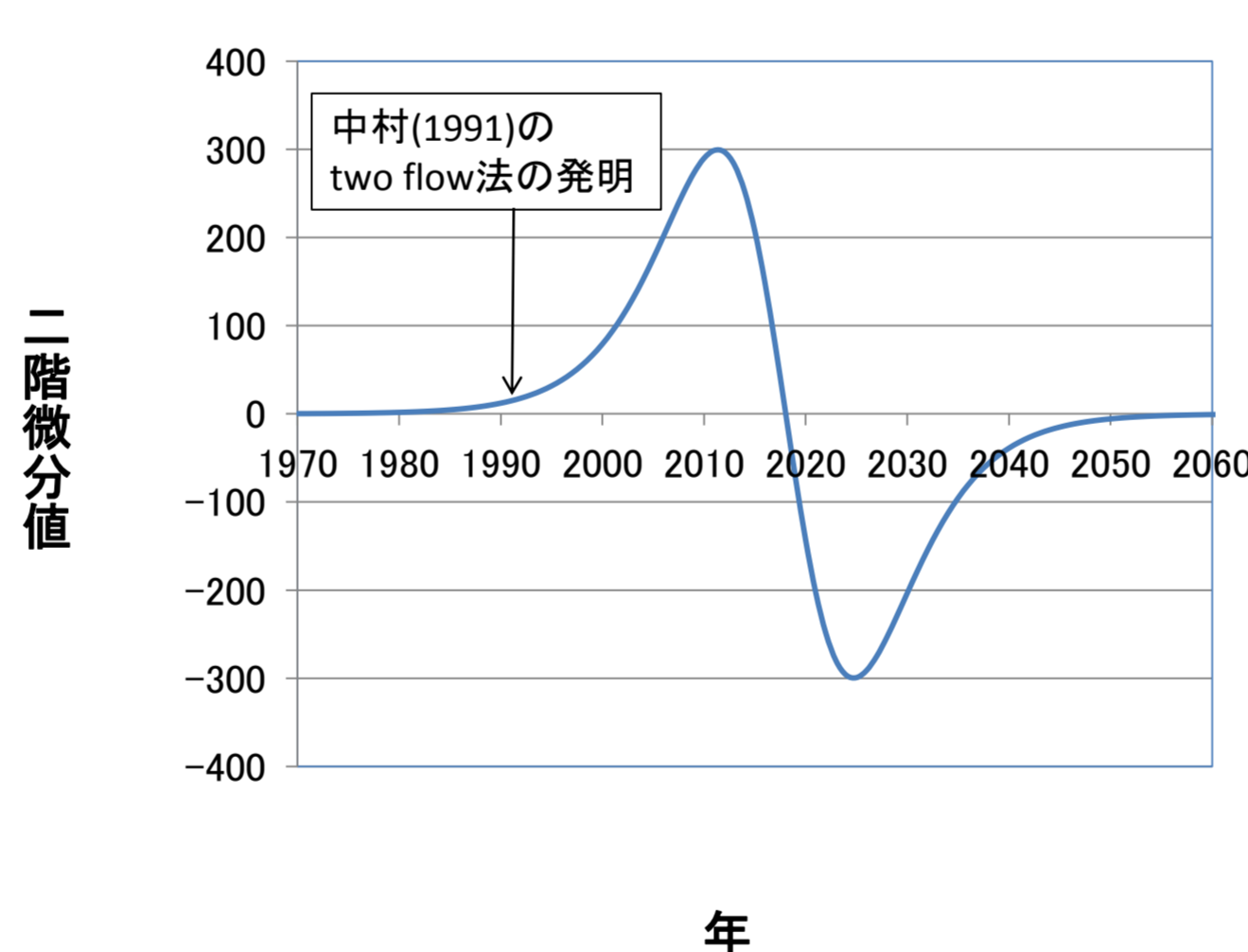
GaN結晶開発研究において 被引用数の高い研究論文(1993年以前)

Authors	Title	Sources	No. of citation
1 Amano, H., Sawaki, N., Toyoda, Y.	'Metal organic vapor phase epitaxial growth of a high-quality GaN film using an AlN buffer layer'	Applied Physics Letters vols. 48, no. 5 (1986), pp. 353-355.	1109
2 Nakamura, S.	'GaN growth using GaN buffer layer'	Japanese Journal of Applied Physics Part 2: Letters vol. 30, no. 10A (1991), pp. L1705-L1707	752
Nakamura, S., Iwasa, N., Senoh, M., Mukai, T.	'Hole compensation mechanism of p-type GaN films'	Physics, Part 1: Regular Papers and Short Notes and Review Papers vol. 31, no. 5A (1992), pp. 1258-1266.	564

GaN開発研究: 引用数1位の天野ら(1986)のMOVPEの研究と、2位の中村(1991)のMOCVDの研究はGaN開発研究に欠かせないテーマであると考えられる。

注)著者が2014年1月に調査した結果

近似線(1)・GaN開発研究の二階微分結果



GaN開発研究: 近似線(1)の二階微分値が、1991年頃から立ち上がる。論文急増に直接影響したのは中村の研究(1991)と推測される。

注)著者が2013年8月に調査した結果

GaNおよびZnSe開発研究論文に頻繁に 用いられる上位10位までのキーワード

(a) GaN 開発研究		(b) ZnSe 開発研究	
Key word	No. of papers	Key word	No. of papers
1 Gallium nitride	26592	1 Semiconducting zinc compounds	2413
2 Gallium alloys	6520	2 Photoluminescence	1308
3 Semiconducting gallium compounds	5436	3 Zinc selenide	1242
4 Light emitting diodes	5167	4 Molecular beam epitaxy	946
5 GaN	4796	5 Zinc compounds	829
6 Photoluminescence	4318	6 Semiconducting gallium arsenide	745
7 Semiconductor quantum wells	4206	7 Semiconductor quantum wells	694
8 Metallorganic chemical vapor deposition	4126	8 Semiconductor quantum dots	657
9 Molecular beam epitaxy	3829	9 Zinc	612
10 Substrates	3828	10 ZnSe	573

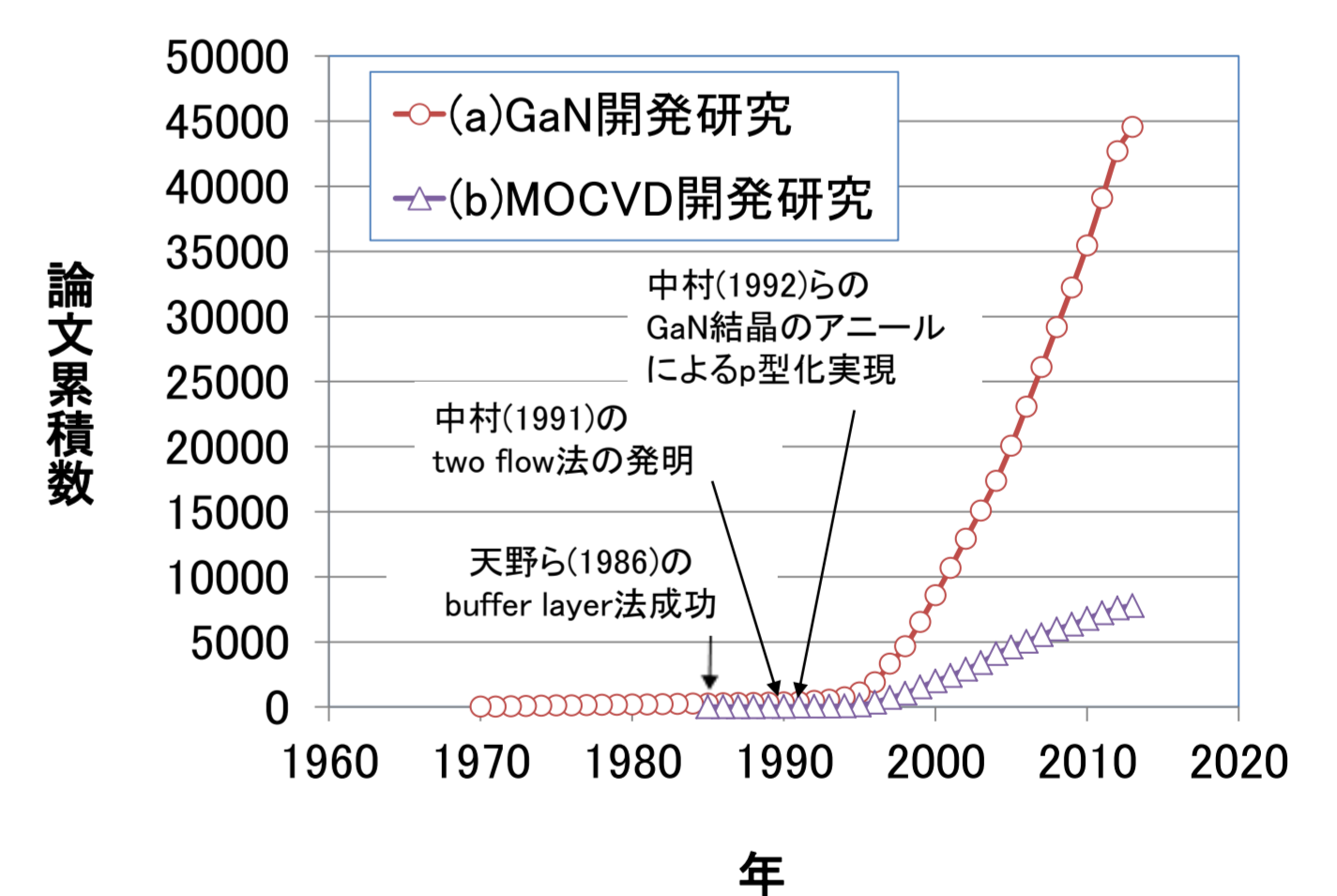
GaN 開発研究: 新しいプロセス技術のMOCVDが8位に見られる。

ZnSe開発研究: MOCVDに相当する新しいプロセス技術はみられない。

注)著者が2013年8月に調査した結果

論文累積数推移

GaN開発研究とMOCVD開発研究

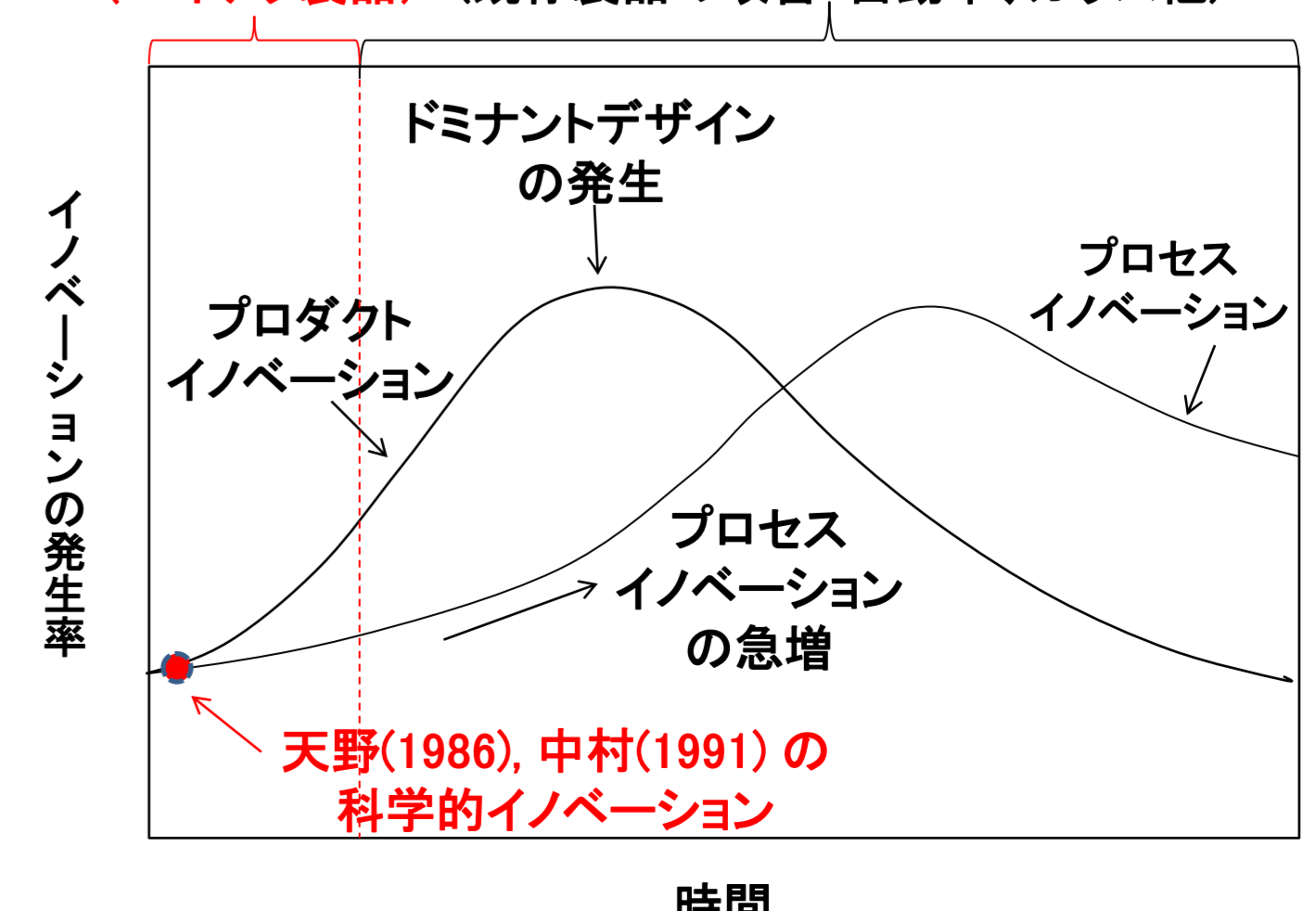


GaN開発研究: 1993年以降急増している。
 MOCVD開発研究: 1993年以降急増している。
 天野ら(1986)の研究が出发点。中村(1991)、中村ら(1992)の研究は論文急増の直前。

Abernathy,W.J.and J.M.Utterback."Patterns of Industrial Innovation." Technology Review 80,pp.40-47(1978).をもとに著者が作成。

技術的イノベーションの相互関係性

本研究の発見 Abernathy and Utterback(1978)のモデル (ハイテク製品) (既存製品の改善:自動車、ガラス他)



既存製品の改善: 製品の質や生産効率向上がポイント。
 ハイテク製品開発: 製法が見つからなければ開発できない。