



選択と集中による開発革新

一番ピンを見つける

2021/01/19

マツダ株式会社 人見

貧乏な会社が生き抜いていくための思考法

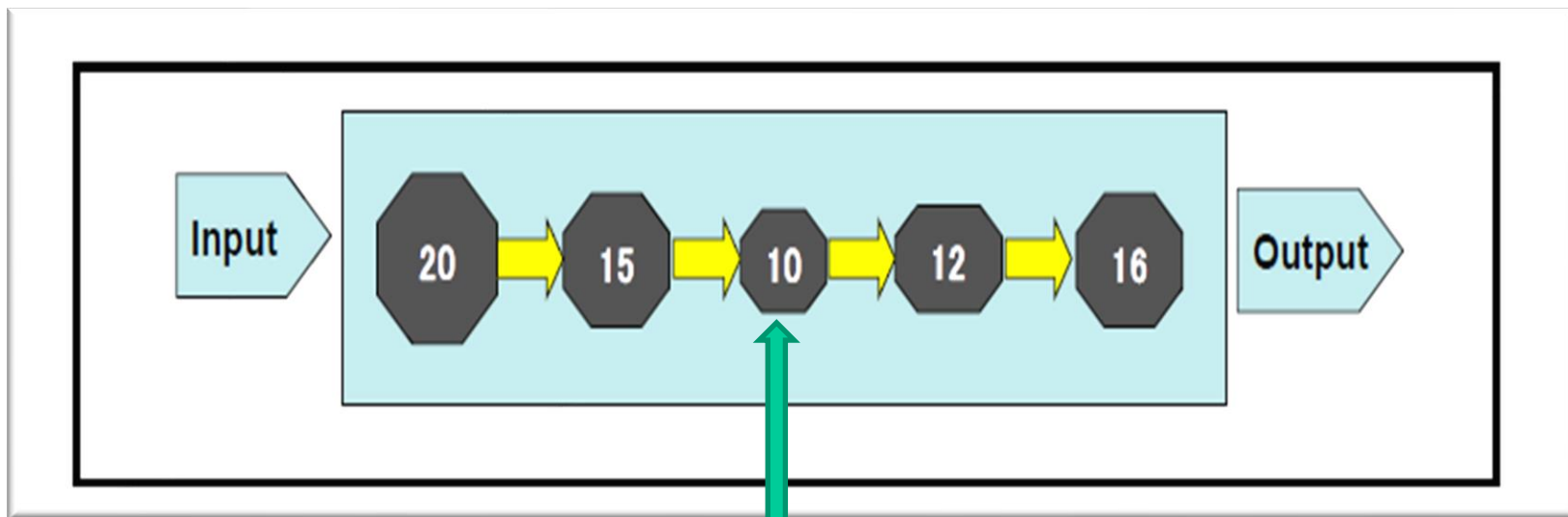
TOC

一番ピン

一つに集中すれば全体がよくなる、すべてうまく行く

TOC

工場の生産性を改善して利益を上げる一番ピンは何か？



制約

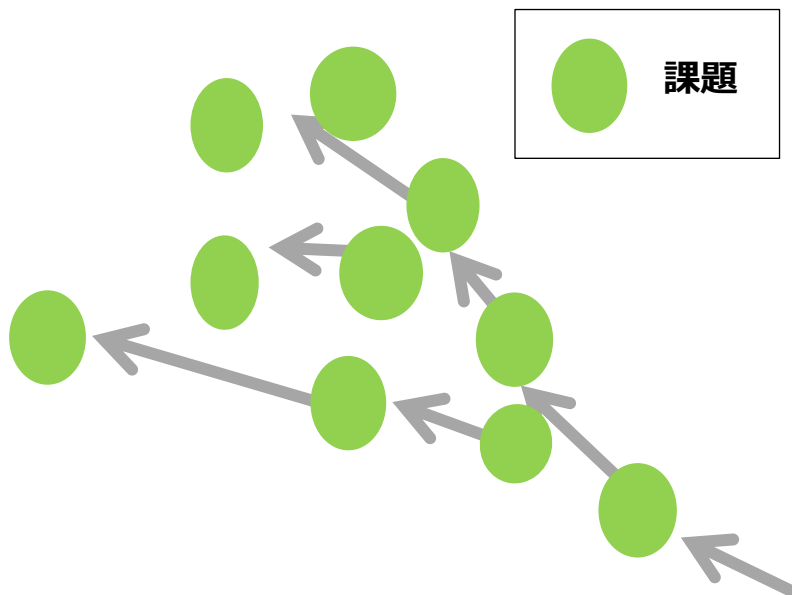
制約を見つけそこに集中する（みんなで助ける）ことで
全体の生産性が上がる

やることは多い

お金も人もない

選択と集中

やることだらけ どれか選んでやろう
ではなくて



全ての課題に通じる共通課題
= **Bowlingの“一番ピン”**
を見つけて集中

- 内燃機関が一番ピン
 - ハイブリッドに対する考察
 - 電気自動車に対する考察
- 開発プロセス革新においてはCAE強化が一番ピン
- 今後はTOC + モデルベース開発が一番ピン

zoom-zoom

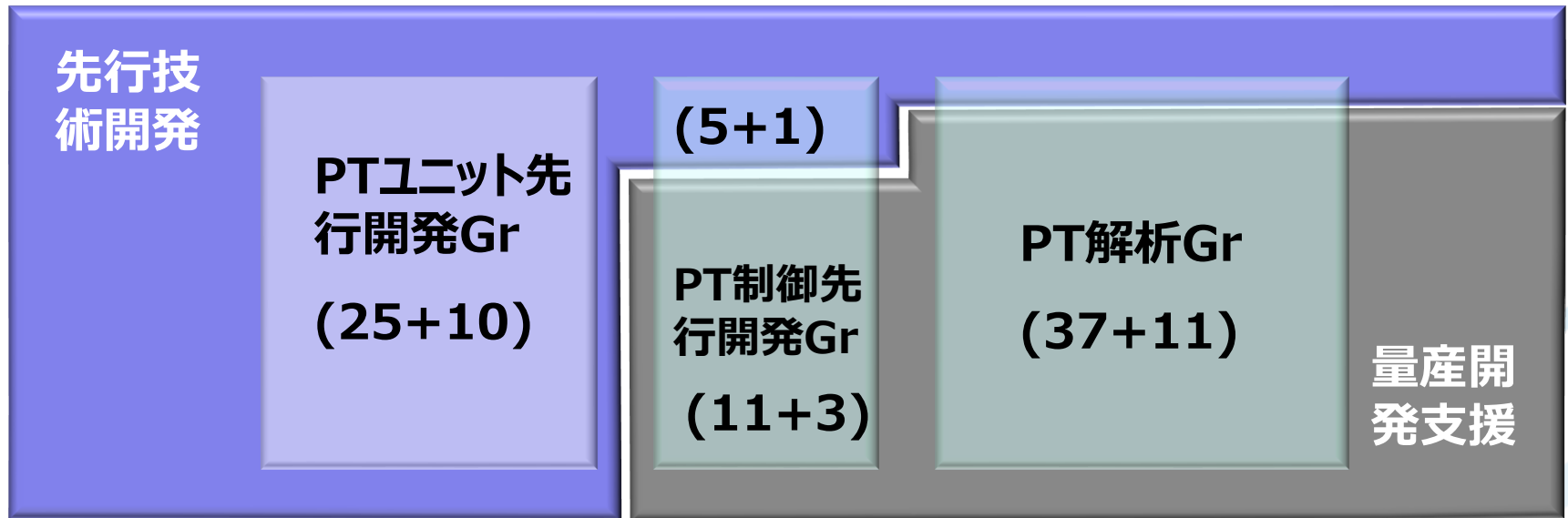
危機的状況へ至った背景

1. バブル崩壊の後遺症で存続の危機、フォード傘下で開発受託して生き延びる
2. 人も金もない中で2012年からの厳しい燃費規制にどう対応する
3. 国内でのHEV車の急拡大、ディーラの「ハイブリッドが無いと生きていけない」という悲痛な叫び
4. 電気自動車などが次世代環境車としてもてはやされるなかで、ハイブリッドや電気自動車などの環境対応技術を何も持っていないマツダという酷評
5. もう内燃機関はやることがないという評価 大学の先生なども、、、 内燃機関重視という持たざる者の遠吠えと言われた

制約解消と一番ピン

2000年代初頭の新技术開発能力

マツダパワートレインの先行技術開発部隊 ; 30名程度 大手は1000人以上



これでマツダパワートレインの様々な課題に対応できるか？

制約解消と一番ピン

先行開発部門の人員補強は全く期待できない 少人数で厳しい環境規制にどう対応するか？

他社はハイブリッド、電気自動車などの大物技術を準備、マツダはどうか？

この人員で長期的な技術力、競合力をどう担保するか？

できることだけやって環境改善という大義にどう対応するか？

これで来るべき厳しい燃費規制に対応するには

制約は何か

開発リソース = 人と金

(やることが山のようにあるのに人とお金がないから)

やることが山のようになければ制約にはならない

制約解消と一番ピン

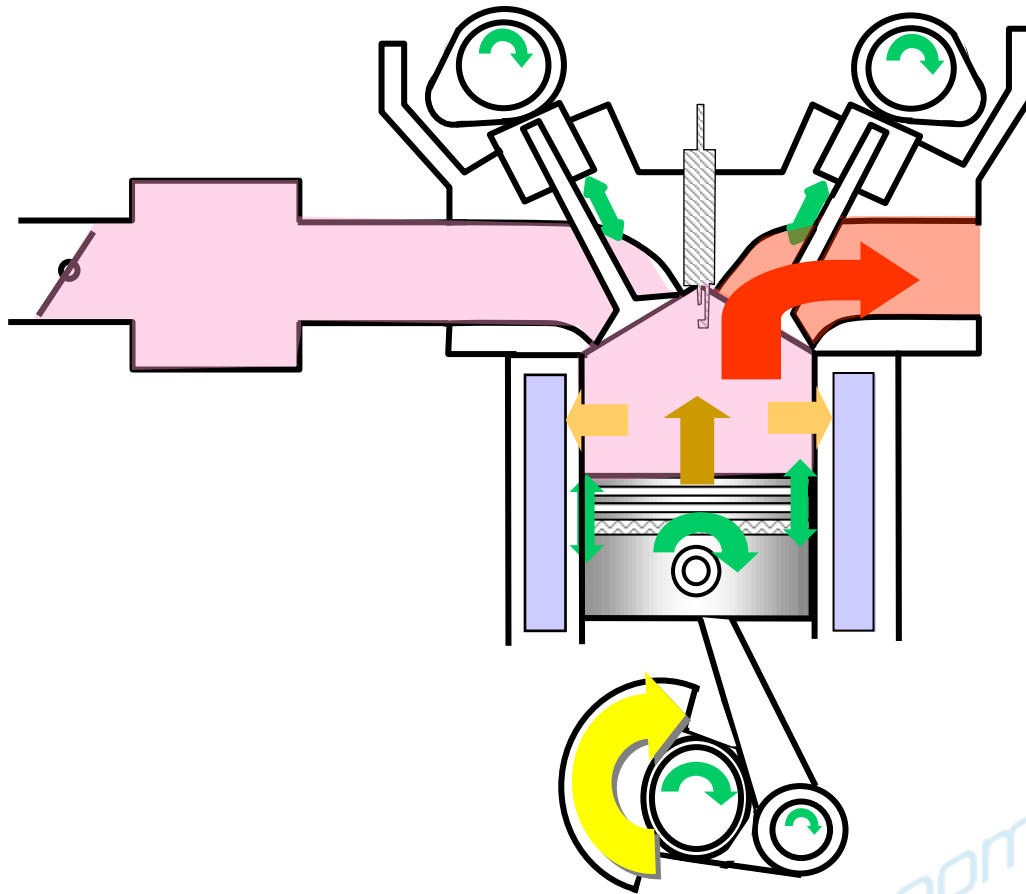
究極の姿を描き、そこへ至るroadmapを描いて内燃機関を改善する

(究極の姿は山のようにたくさんはない)

これが制約解消にもなり一番ピンともなる

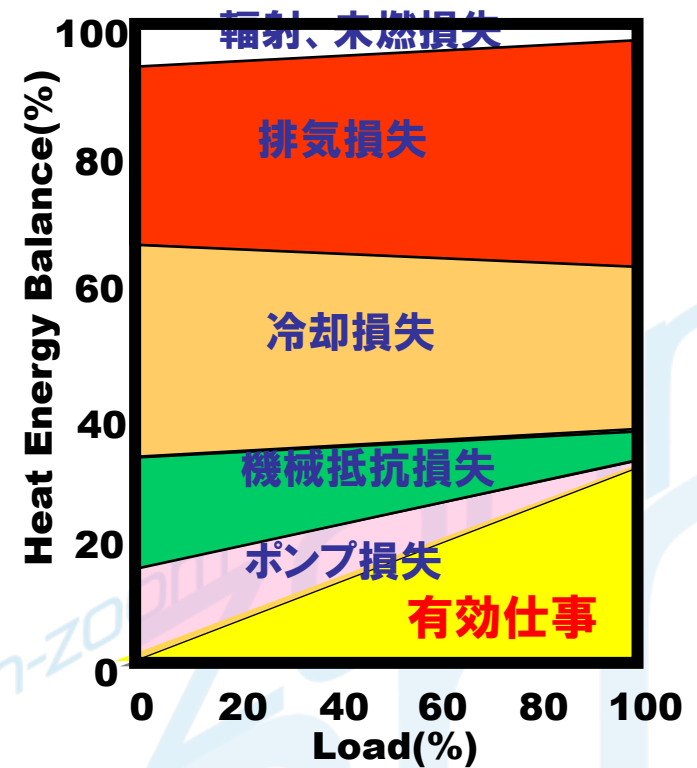
制約解消と一番ピン

内燃機関の効率改善



内燃機関の各種損失

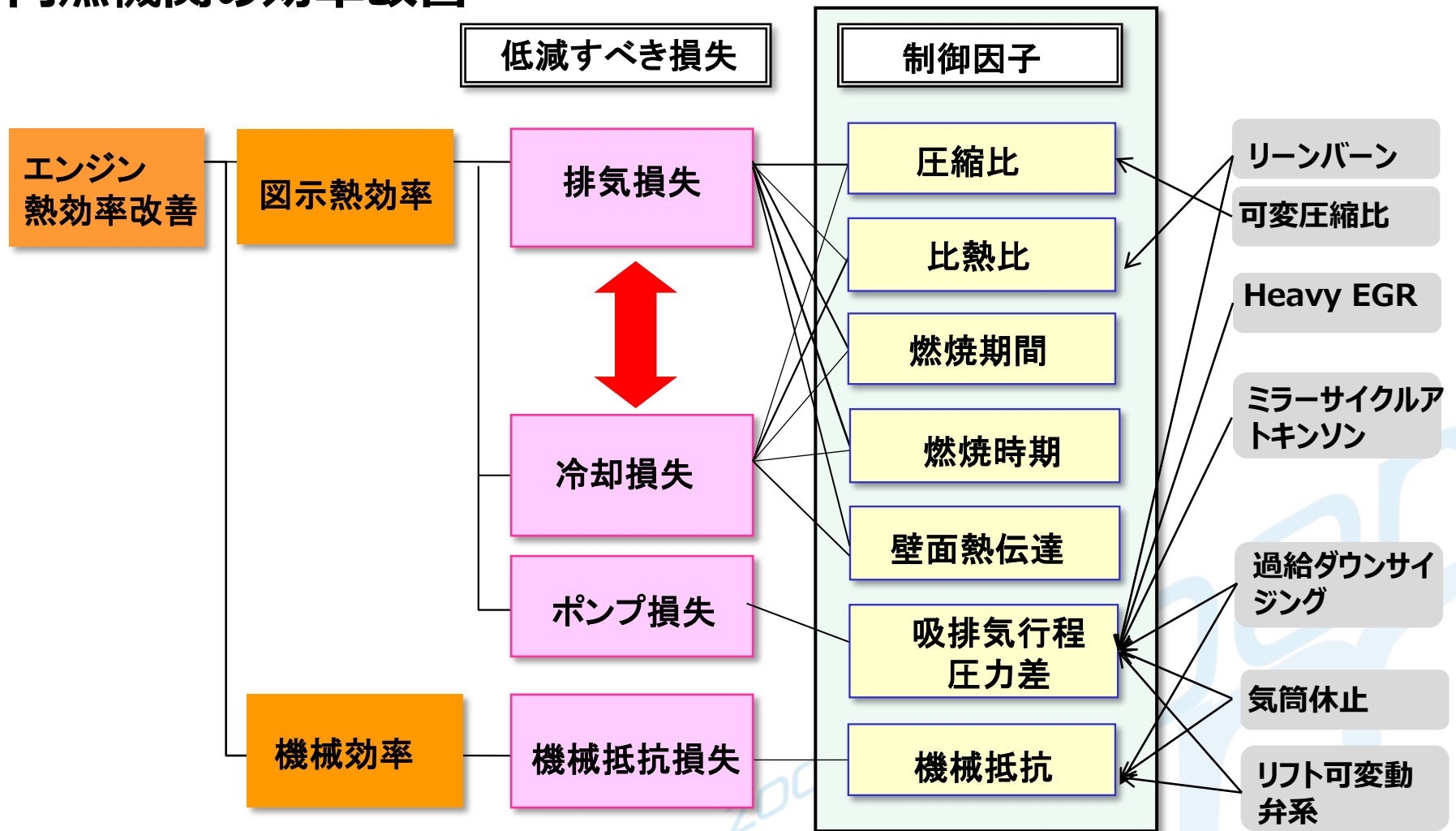
Heat Energy Balance vs Load



内燃機関の効率改善 = 排気損失、冷却損失、ポンプ損失、機械抵抗損失低減

制約解消と一番ピン

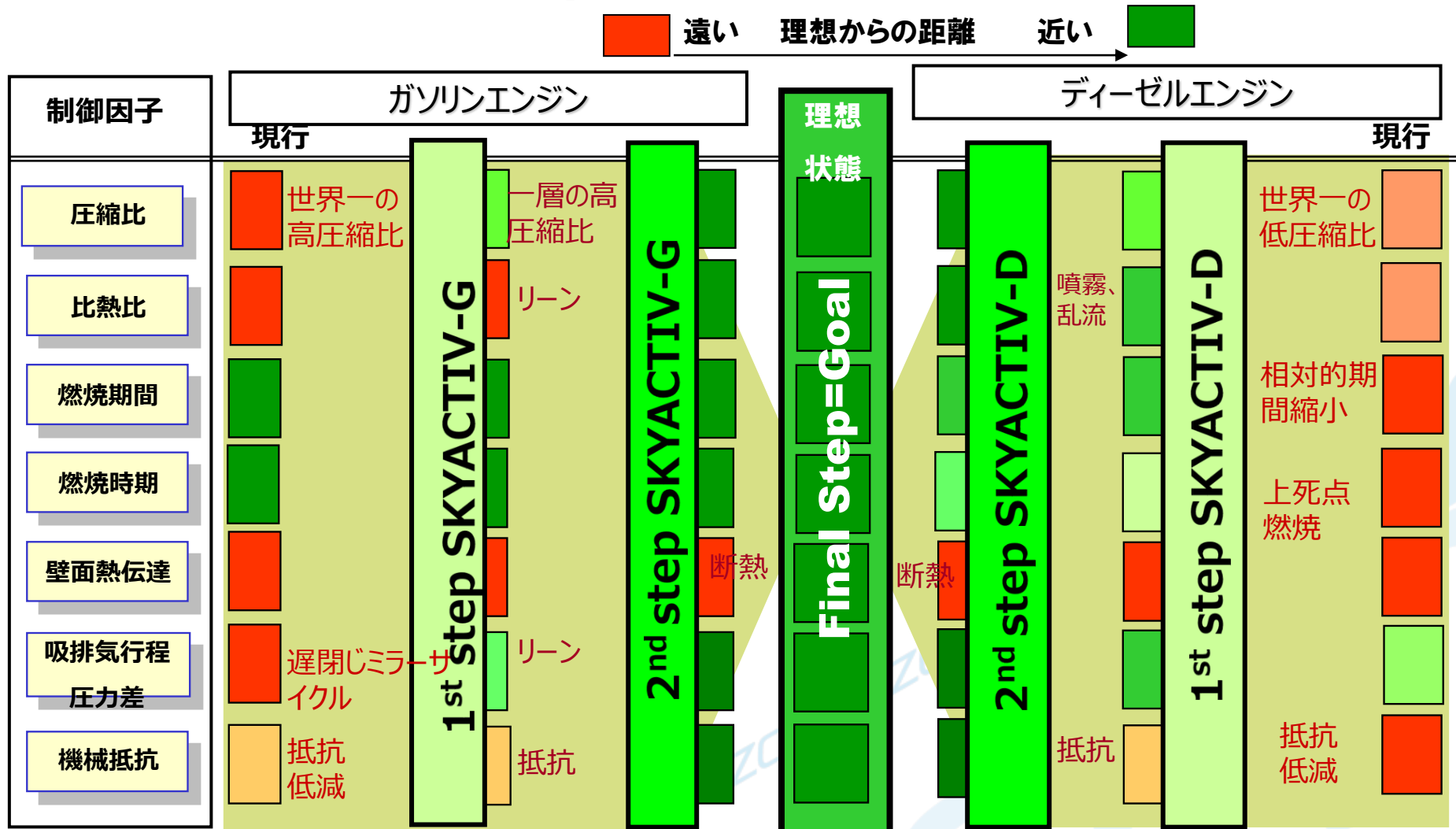
内燃機関の効率改善



効率改善 = 制御可能な因子を理想に近づけていく取り組み

制約解消と一番ピン

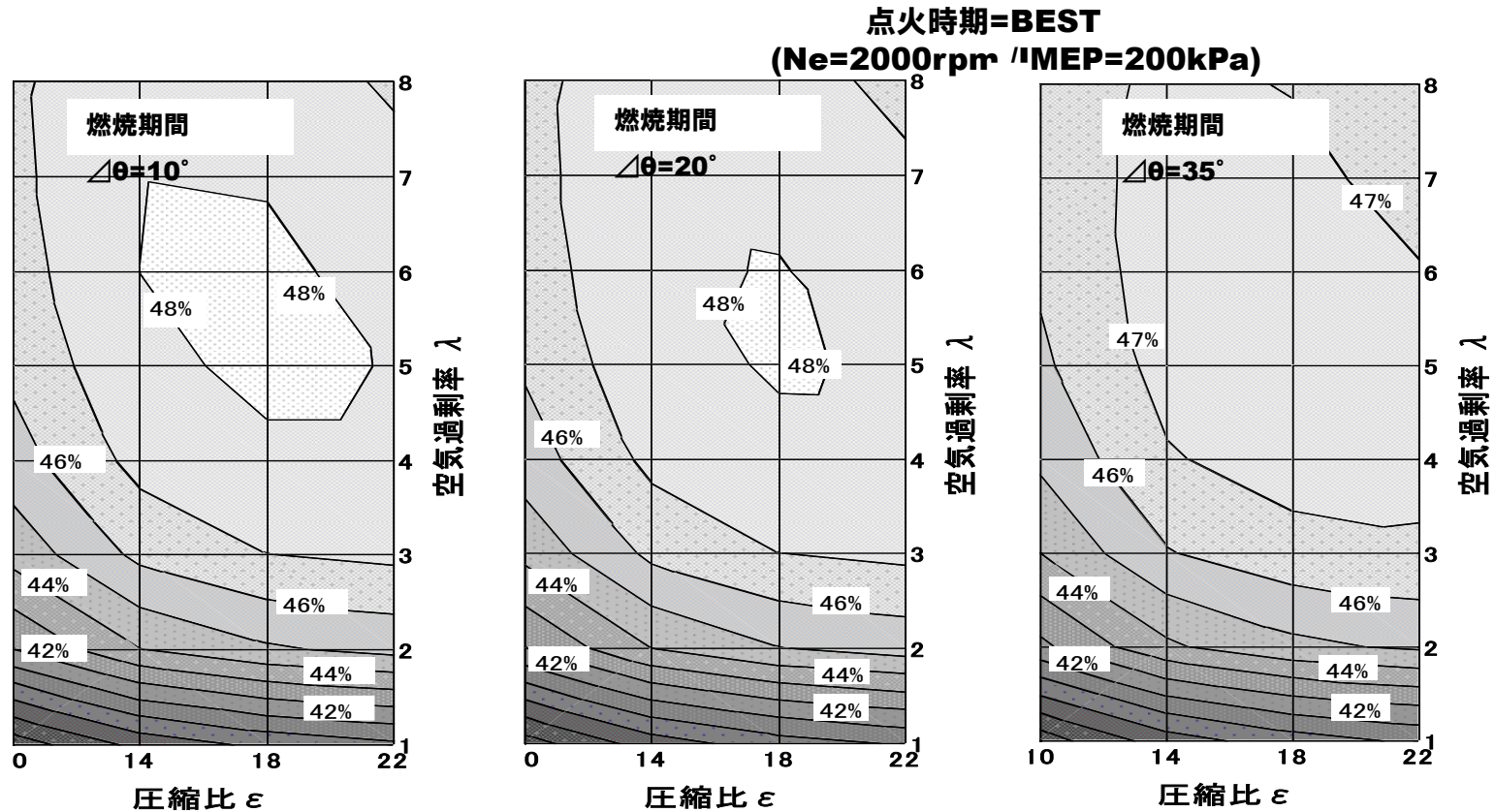
内燃機関進化のroadmap



これを迷わずやる

制約解消と一番ピン

熱効率の改善代は？



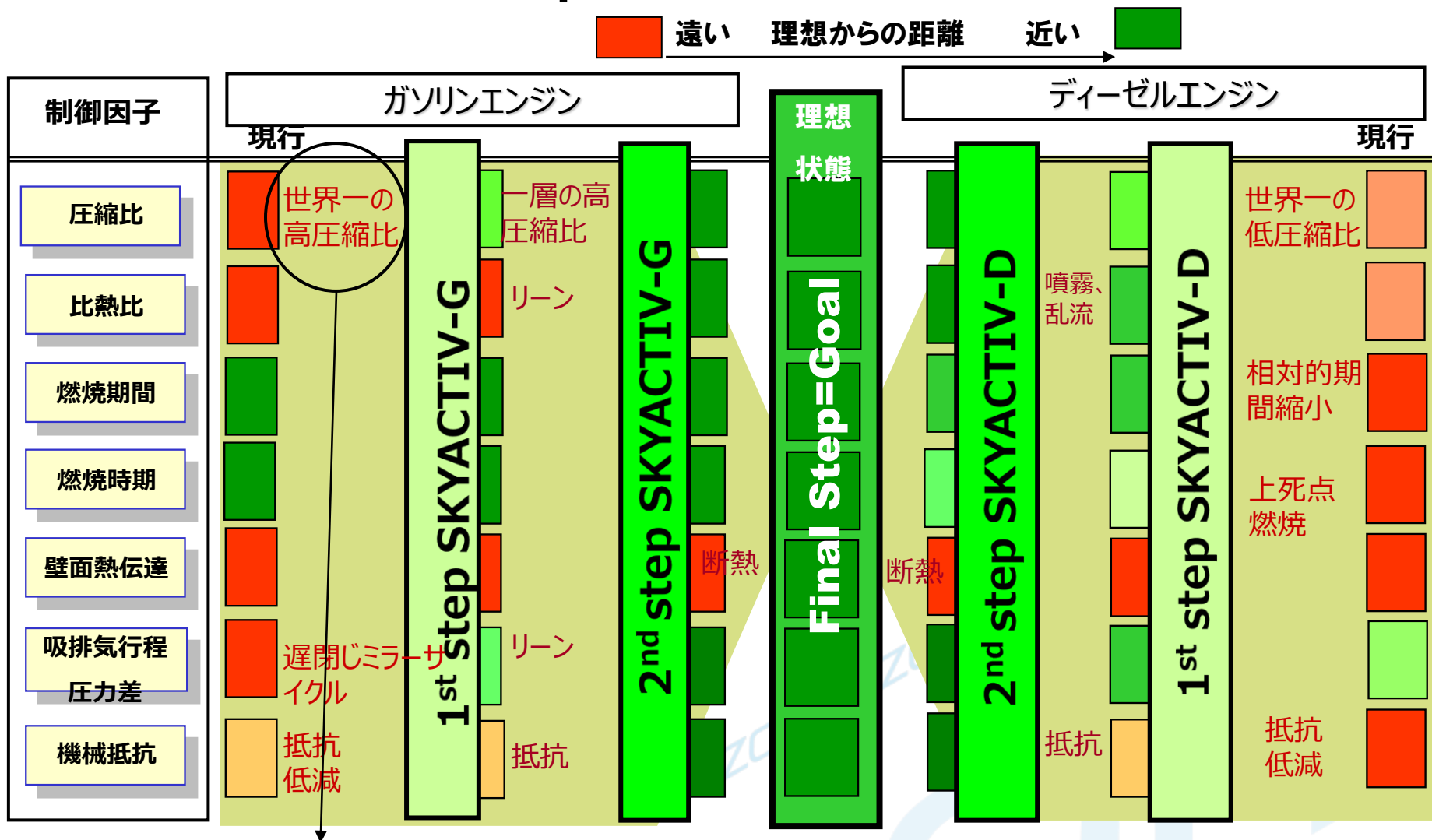
20 – 30%改善の余地は十分ある

さらに遮熱まですれば30 – 40%改善も可能。

内燃機関改善はまだまだ十分いける。規制対応に対する効果という面でOK

制約解消と一番ピン

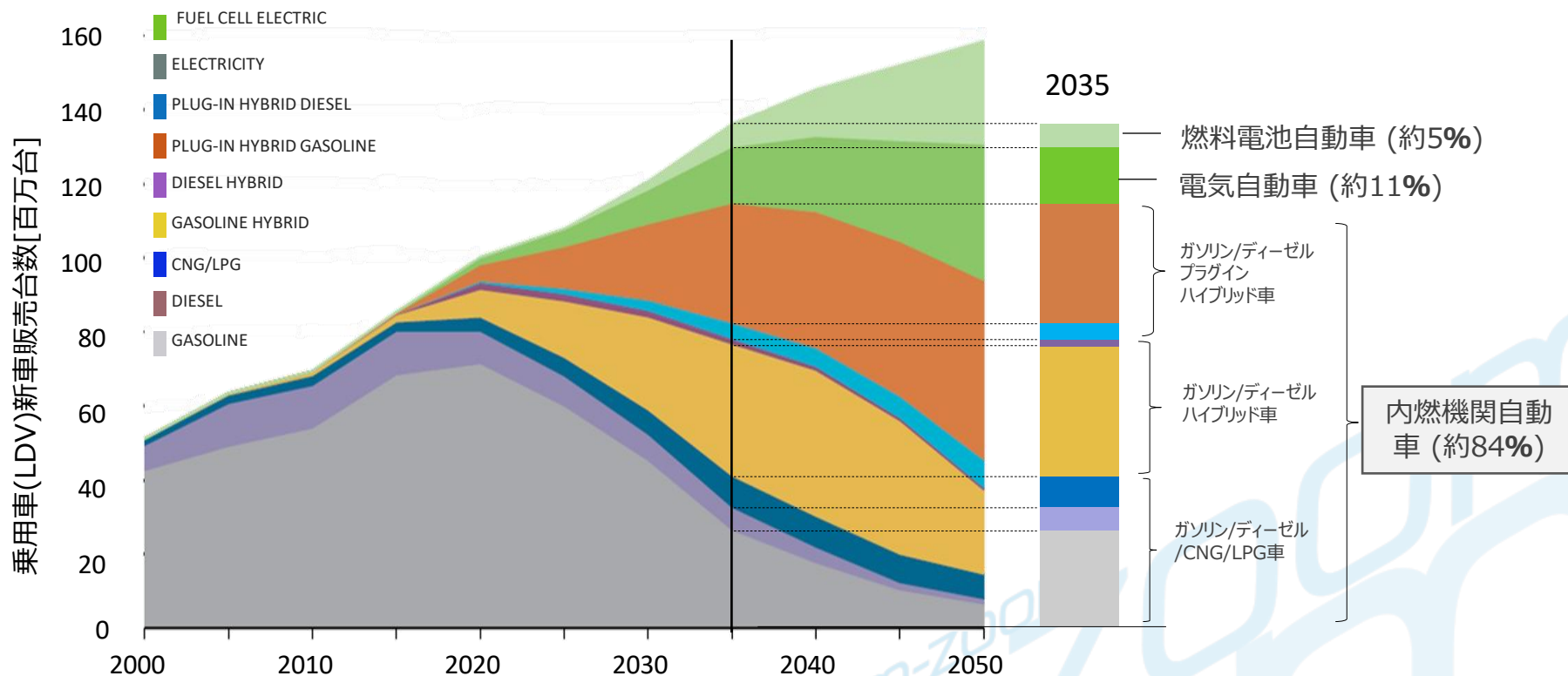
内燃機関進化のroadmap



まずはこれだけやれば世界一のエンジンになる。人も金も少なくともOK 制約解消

制約解消と一番ピン

IEA/ETP - Energy Technology Perspective 2015



内燃機関搭載車は将来においても世界的に大多数を占めると予測されており内燃機関を改善しなければ環境に貢献したことになる

環境改善に対する大義という面でもOK



制約解消と一番ピン

エンジンの究極の姿とroadmapを描く なぜこれが一番ピンか？

先行開発の人員補強は全く期待できない 少人数で他社並みに様々な開発はできない、どうする？

理想像、究極の姿が決まったのだから他社など気にすることはない。

あれこれやらなくていい = そんなに多くの人はいなくていい 制約解消

他社はハイブリッド、電気自動車などの大物技術を準備、マツダはどうするか？

やってももうからない。内燃機関の改善余地は大きいのでそれで対応可能

この人員で長期的な技術力、競合力をどう担保するか？

Roadmapに沿ってやれば長期的な競合力も技術力もつく

できることだけやって環境改善という大義にどう対応するか？

内燃機関の改善余地は大きいのでOK

選んだ道を、抱えている多くの課題でチェックし大半に对应していれば一番ピンである

技術開発も一番ピン発想が重要

zoom-zoom



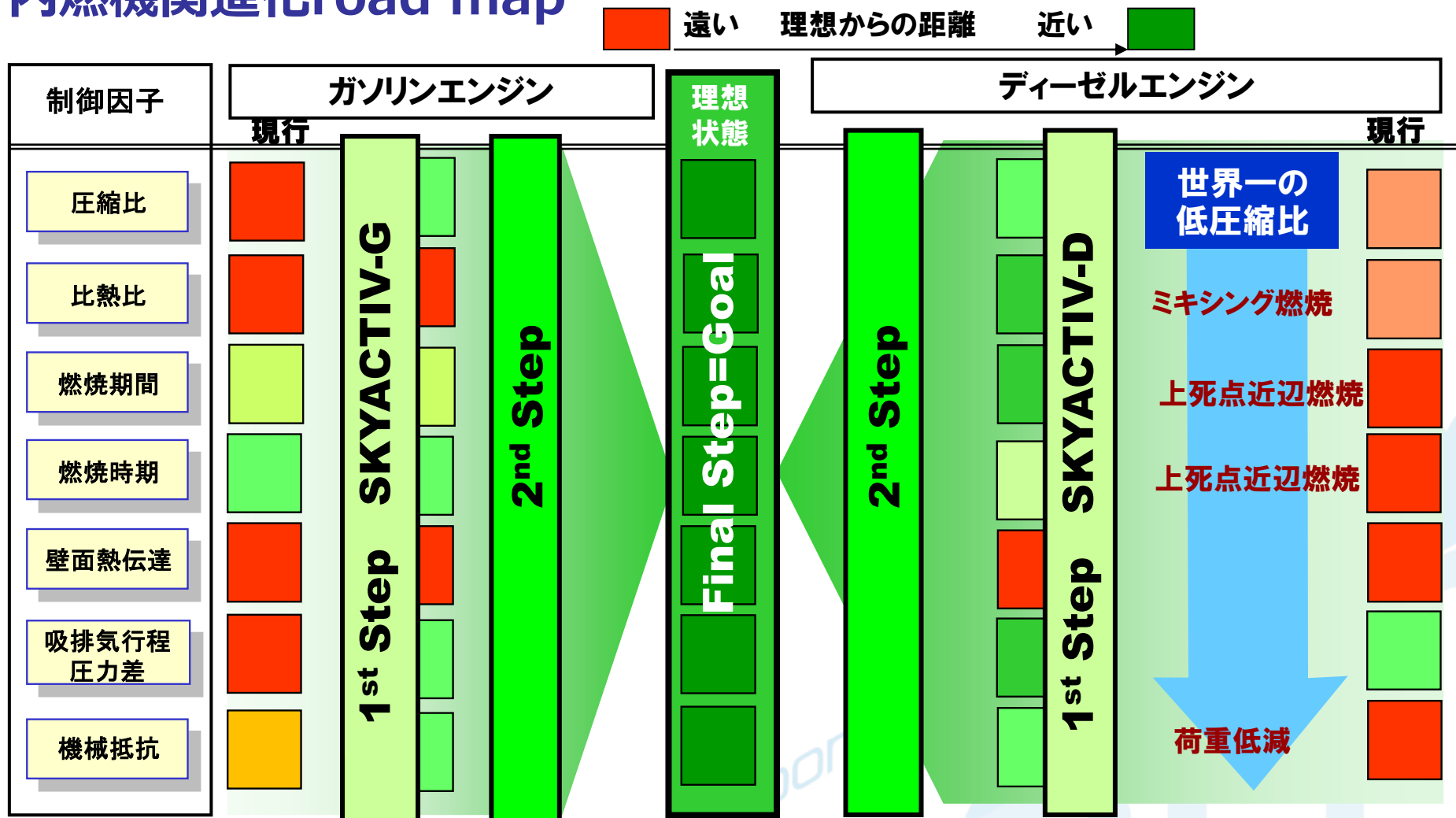
ディーゼルエンジン

日本では消え去ったままの状態だったエンジンを どういう考え方で復活させたか

一番ピンは？

一番ピンを見つけてそこに集中 SKYACTIV-D

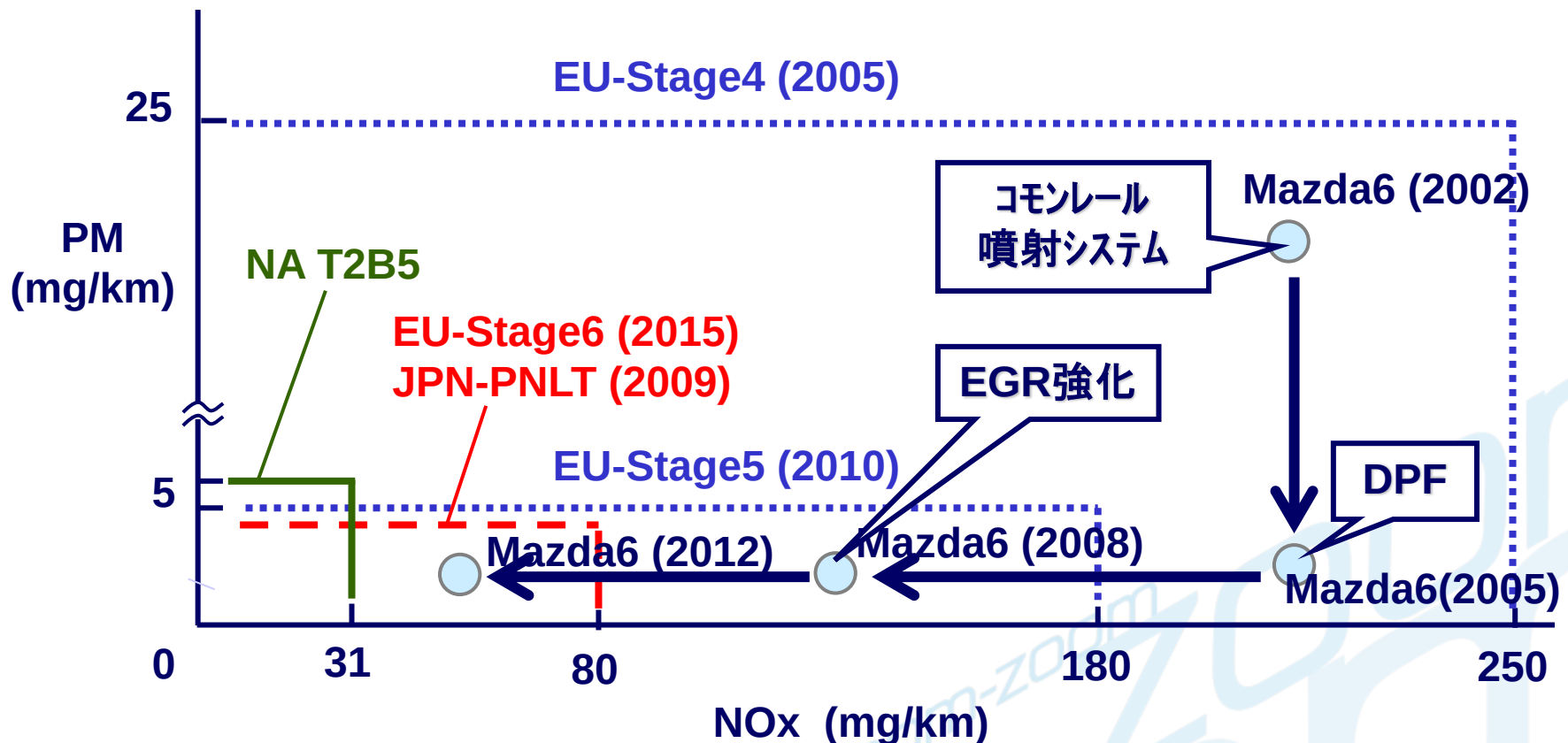
内燃機関進化road map



(世界一の) 低圧縮比がディーゼルの課題対応一番ピン

一番ピンを見つけてそこに集中 SKYACTIV-D

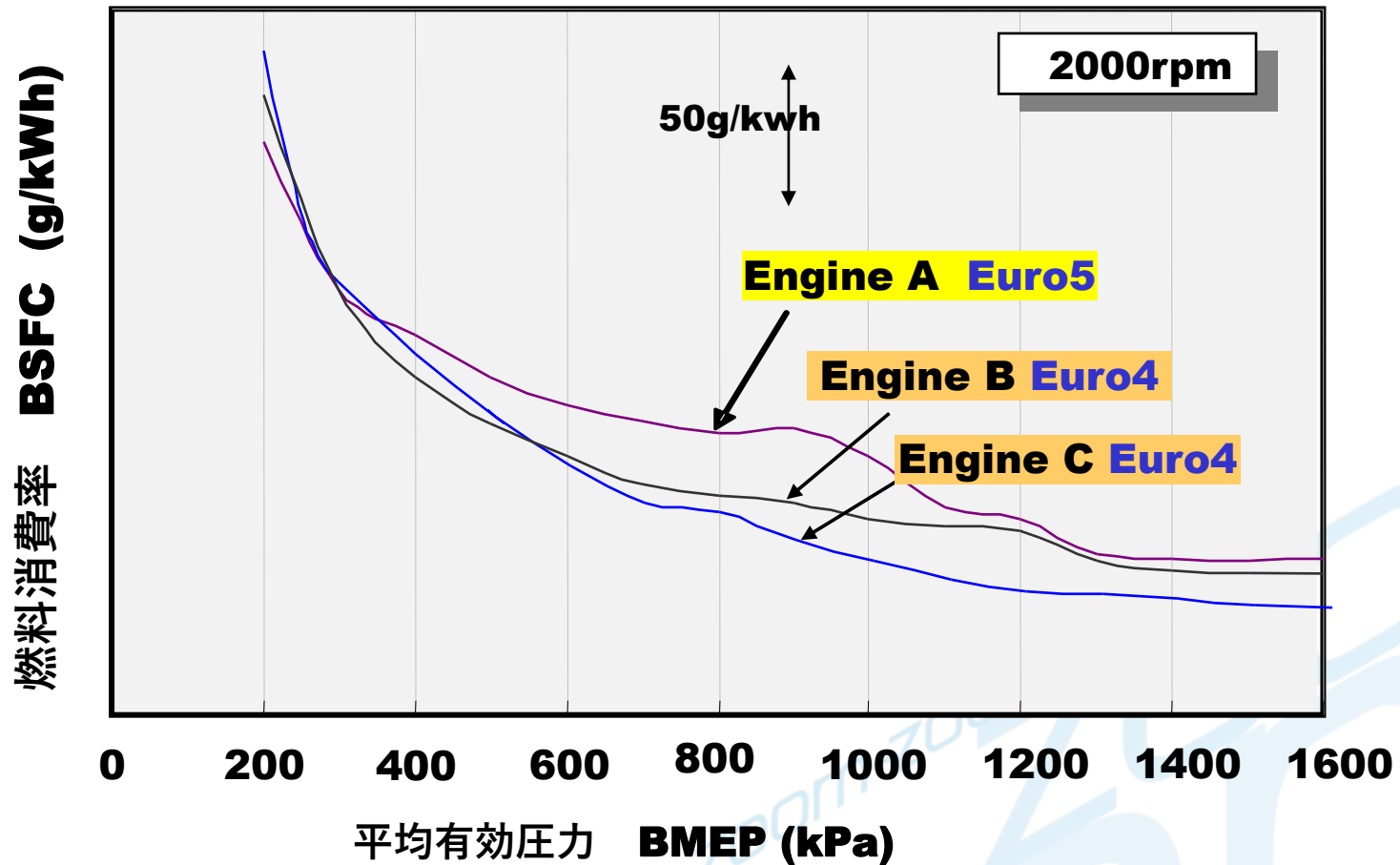
問題 ; 排ガス規制強化のたびにコストが上がる



排ガス規制強化のたびに高コスト化

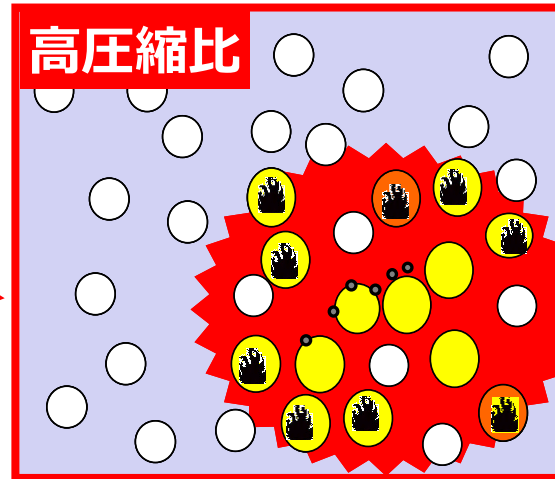
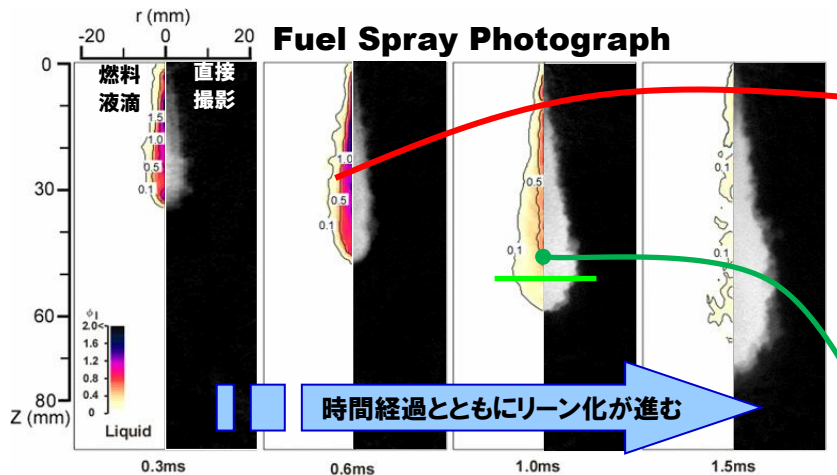
一番ピンを見つけてそこに集中 SKYACTIV-D

問題 ; 排ガス規制強化のたびに燃費を犠牲にしてきた



コストが上がりながらエンジン自体の燃費は悪化

どうしたか？ 低圧縮比化



極所高温→NOx
酸素不足→すす

ムラのある燃焼
濃いところで効率悪化



均等に燃える
→Nox減少

酸素が充足
→スス減少

ムラが少ないので
燃焼効率も高い

従来ディーゼルの
着火時期

低圧縮比ディーゼルの着火時期

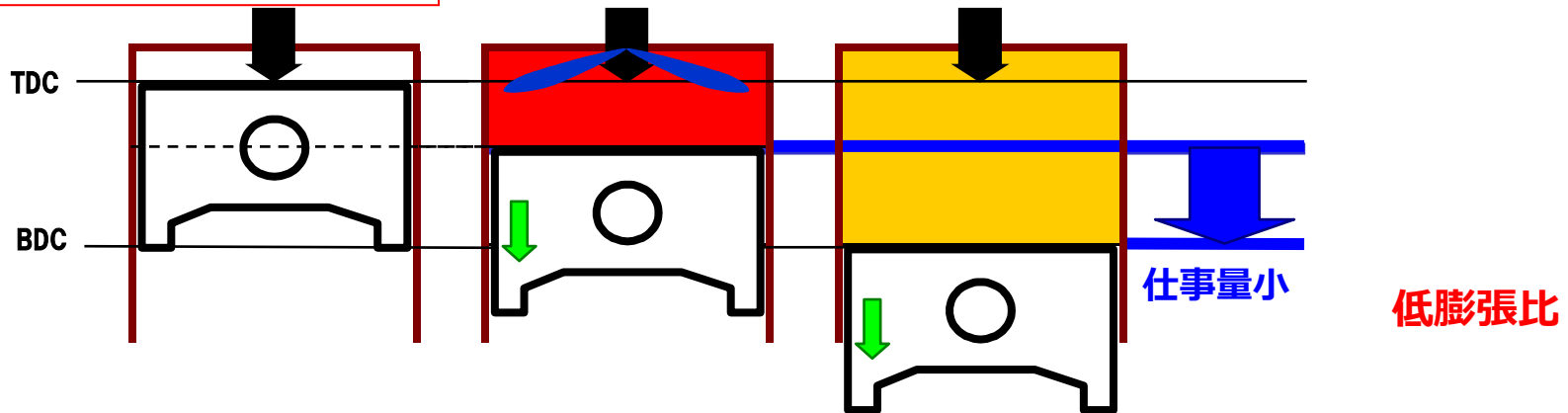
○ 酸素 ● 燃料分子 ● 煤

燃料がよく混ざるまで着火しない = 低圧縮比
上死点で燃やせる！！！！

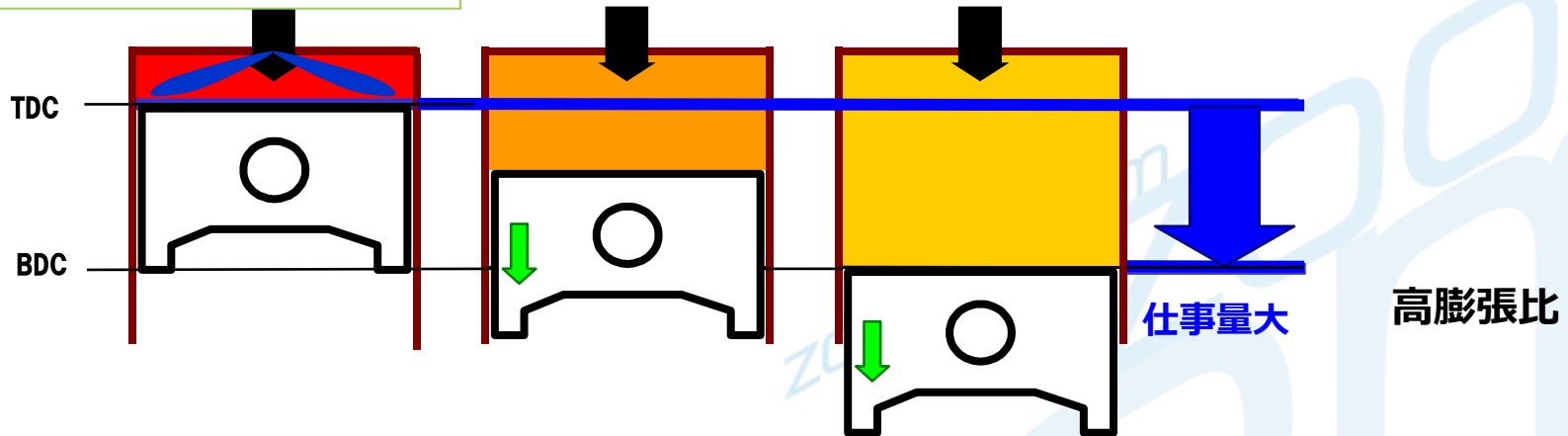
一番ピンを見つけてそこに集中 SKYACTIV-D

低圧縮比高膨張比燃焼

高圧縮比(従来DE)

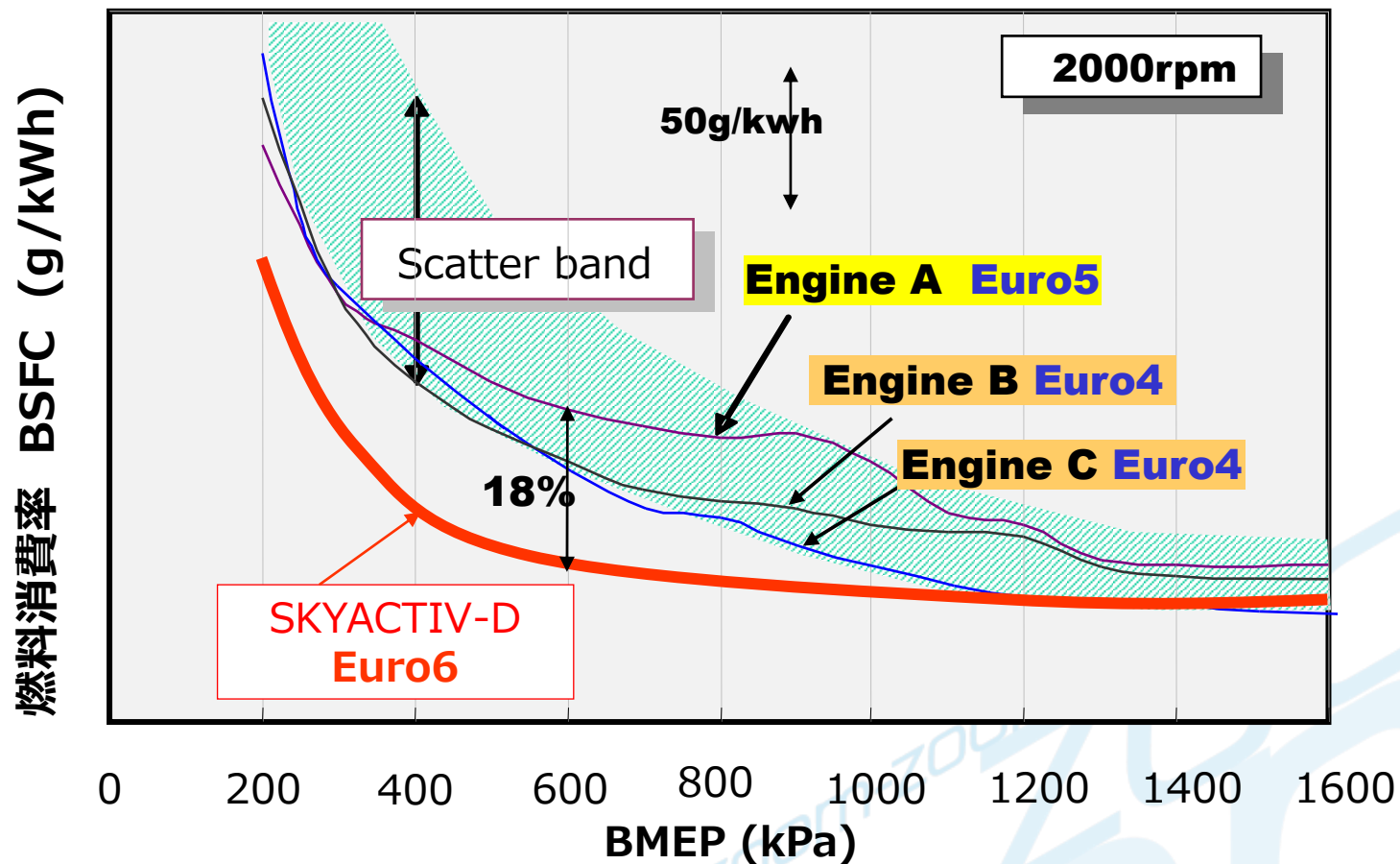


低圧縮比(SKYACTIV-D)



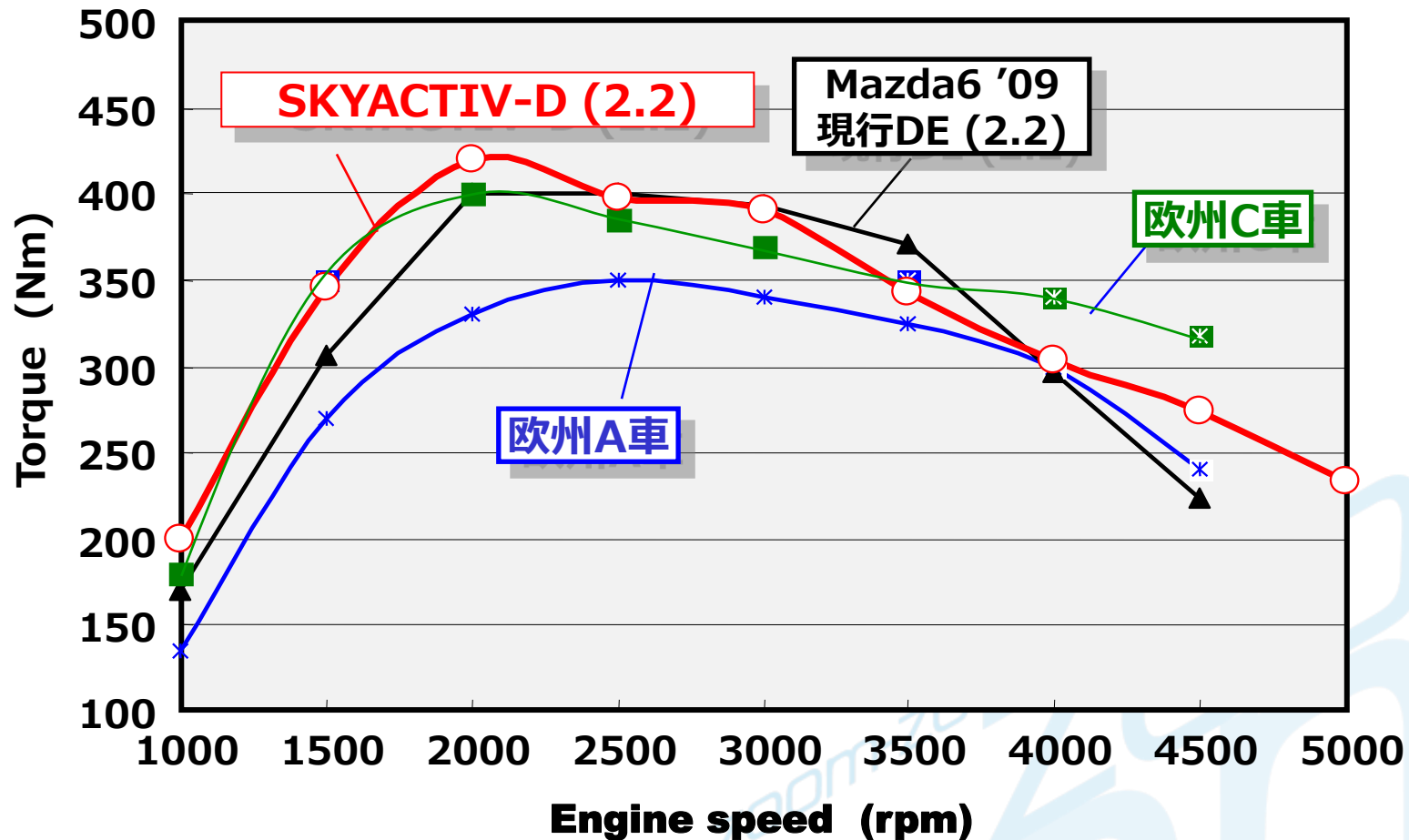
低圧縮比→NO_x、煤低減&低燃費

燃費性能



より厳しい排ガス規制対応してもディーゼル本来の持つ良い燃費が実現

出力性能



同じ出力を出すのに低圧縮比だから燃焼催行圧力は低くて済む
各部の剛性ダウン可能となり回転系軽量化→G Eのような高回転可能

低圧縮比がBowlingの一番ピン

世界一の低圧縮比



空気と燃料がよく混ざって上死点で燃やしても
No x やすすが出ない

燃焼室内最高圧力が下がるので回転系の必要剛性が下がり抵抗低減

技術課題

圧縮比（膨張比）

比熱比

燃焼期間

燃焼時期

壁面熱伝達

吸排気行程
圧力差

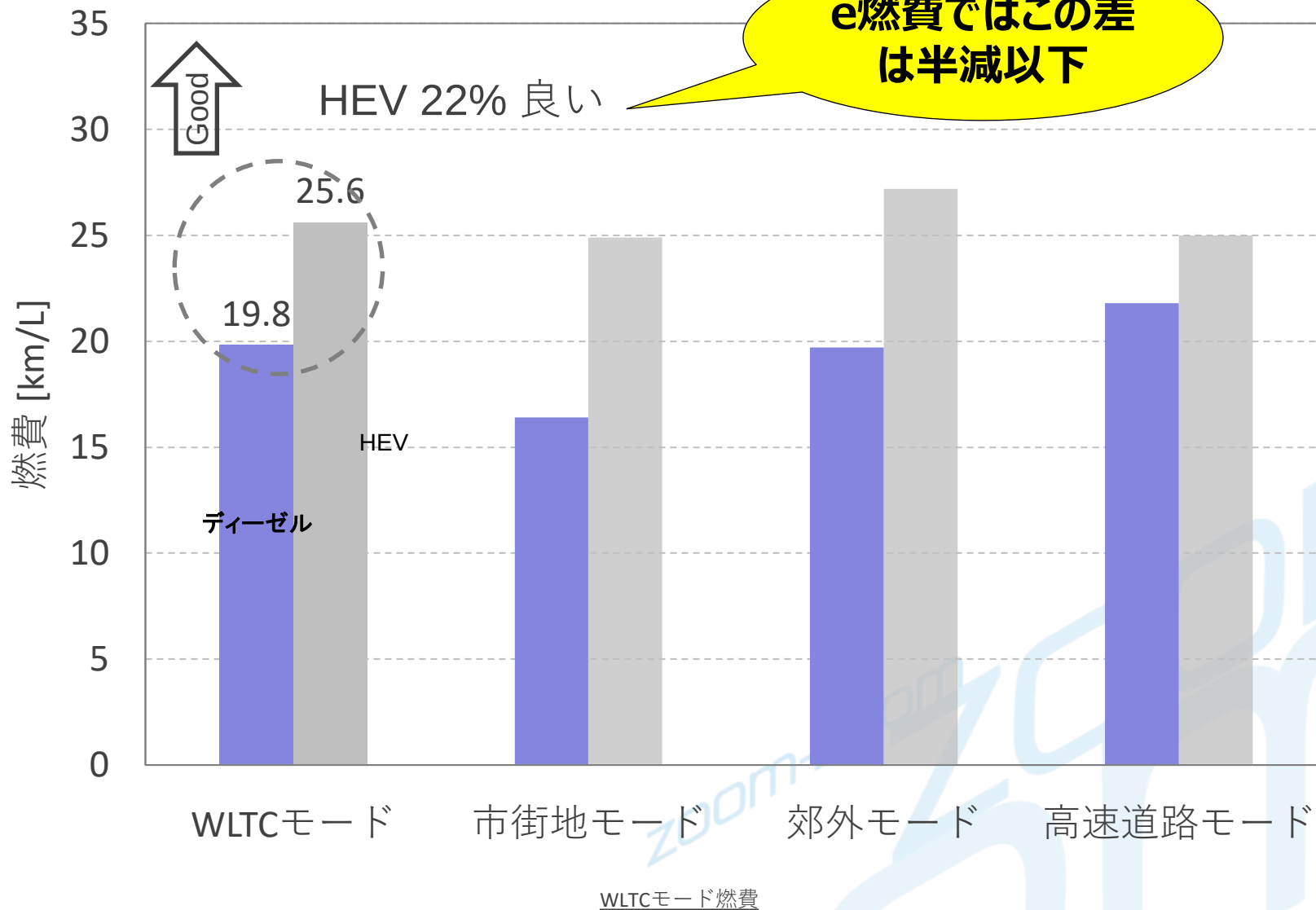
機械抵抗

低コスト

スポーティー

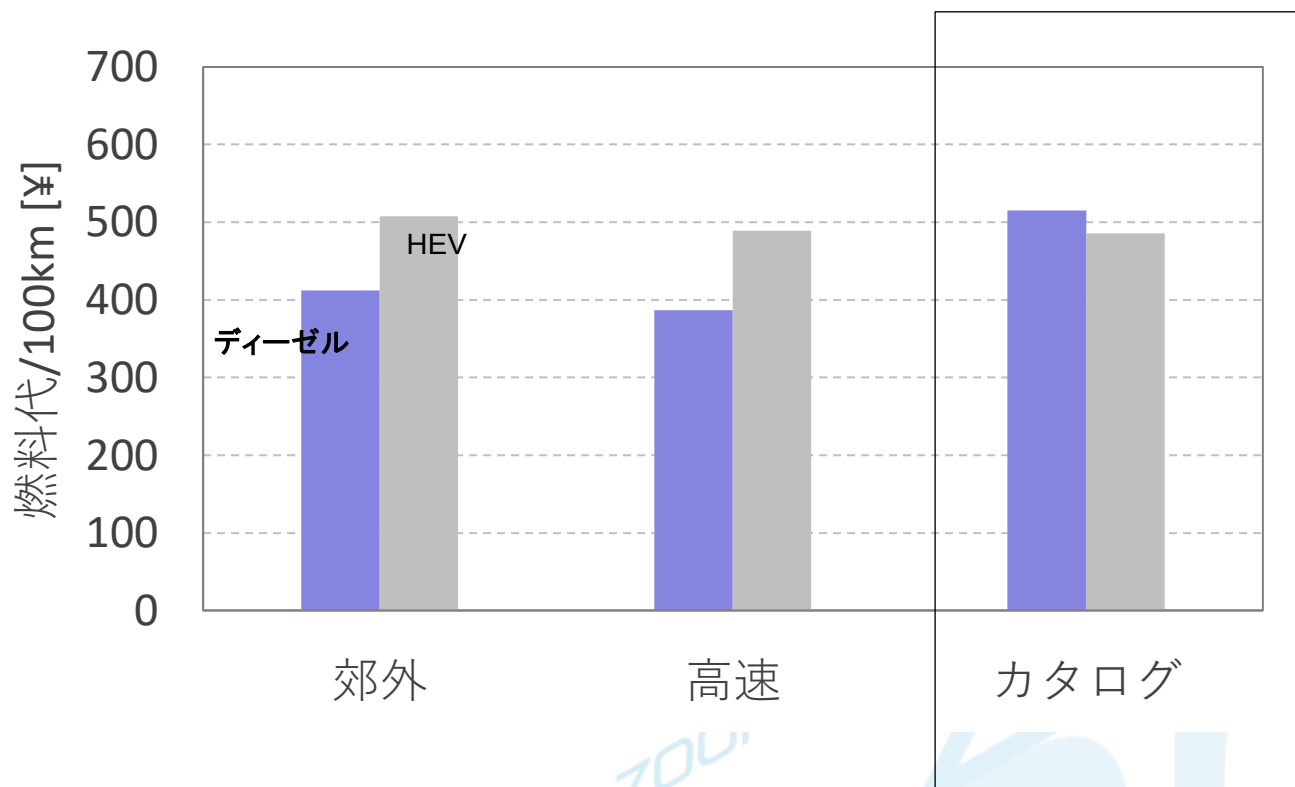
HEVのカatalog燃費は確かに良い

モード燃費



計測結果

実走行の高速・郊外では 燃料代はHEV に勝つポテンシャルを持っている



一番ピンを見つけてそこに集中 SKYACTIV-D

高コスト、燃費も大したことない 日本では消え去ったまま
日本ではハイブリッドが全盛期 ないとつぶれるというディーラーの声
マツダはハイブリッドをやっても儲からない、一からやる人もいない



低圧縮比でコストを上げずに排ガスをきれいにし、燃費も良くなり高性能化もできた

マツダ特有の技術として高い評価 20円/Lも安いからハイブリッドと対抗できる

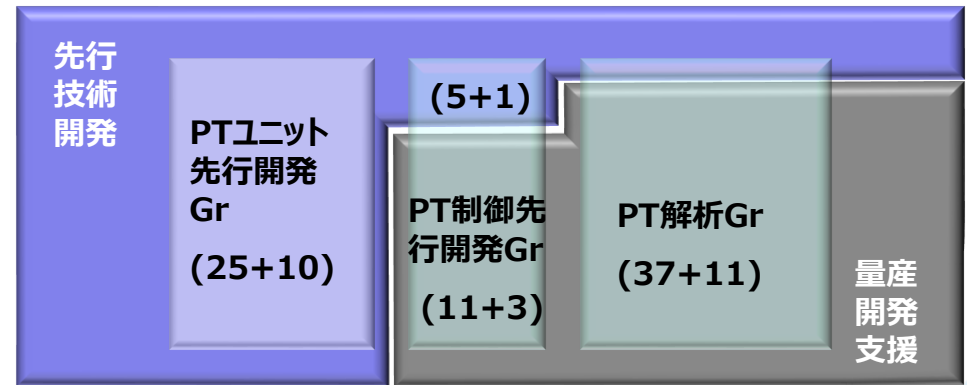
→ハイブリッドをやったらマツダ独自の地位が築けたか？

ディーラーが自信を持って売り始めた

多くのビジネス課題、技術課題克服に貢献できた = 一番ピン

CAE強化による開発

開発プロセス革新の一番ピン



良い会社とは

やると決めたことは少ない人員で効率的にやり、何が起きるかわからない将来に向けて人材を多数配置できる会社

→人材が先行開発へ回るような仕組みに変更しないと会社は長続きしない

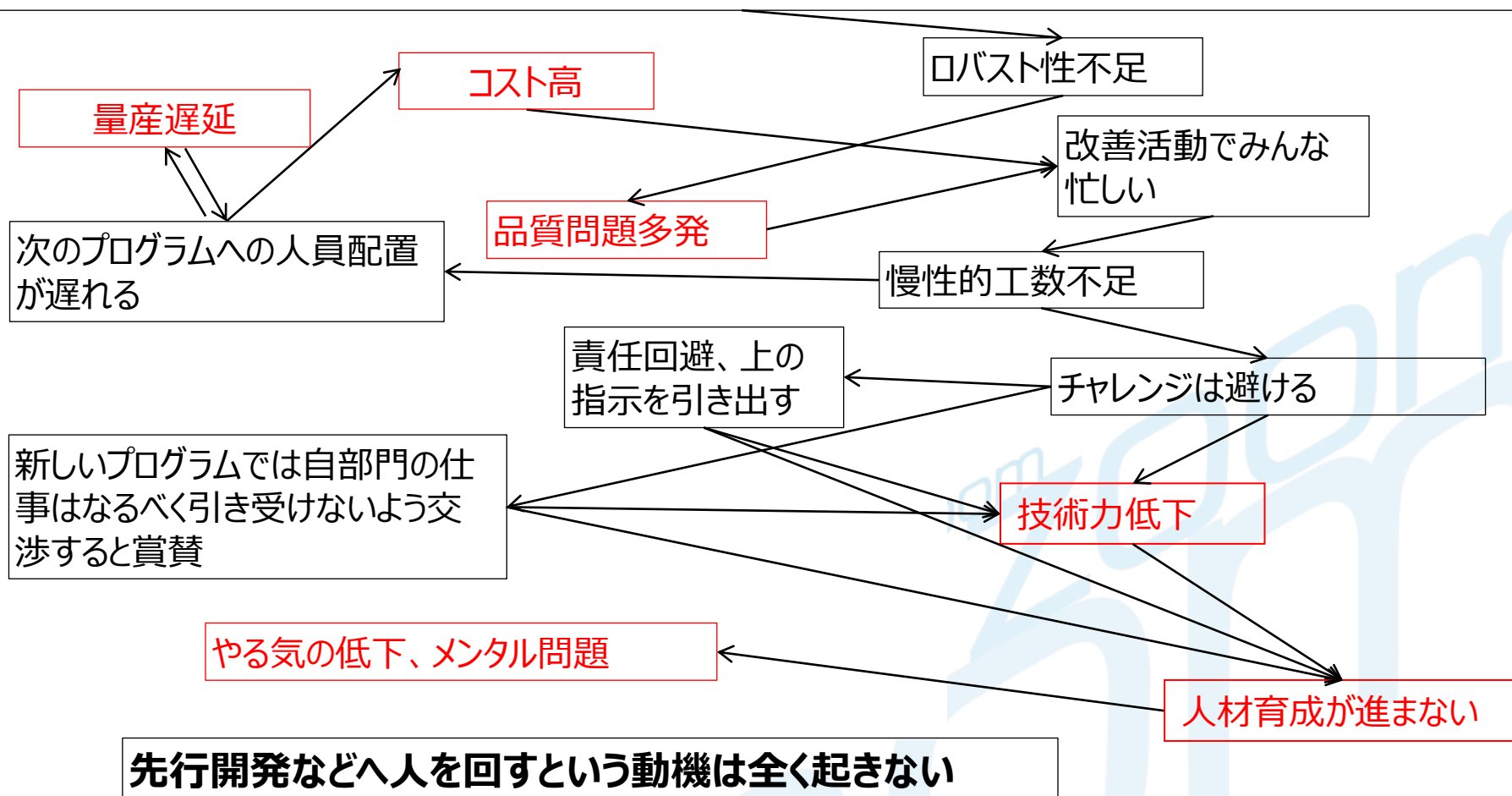
一番ピン ; CAE能力強化

CAE強化による開発

CAE強化がBowlingの一番ピン？

CAEを駆使した開発（実機による試行錯誤に頼らない開発）

試作してはテスト、問題が出たら次期試作で改善、さらに問題が出たら次々期試作で改善という実機による試行錯誤の開発



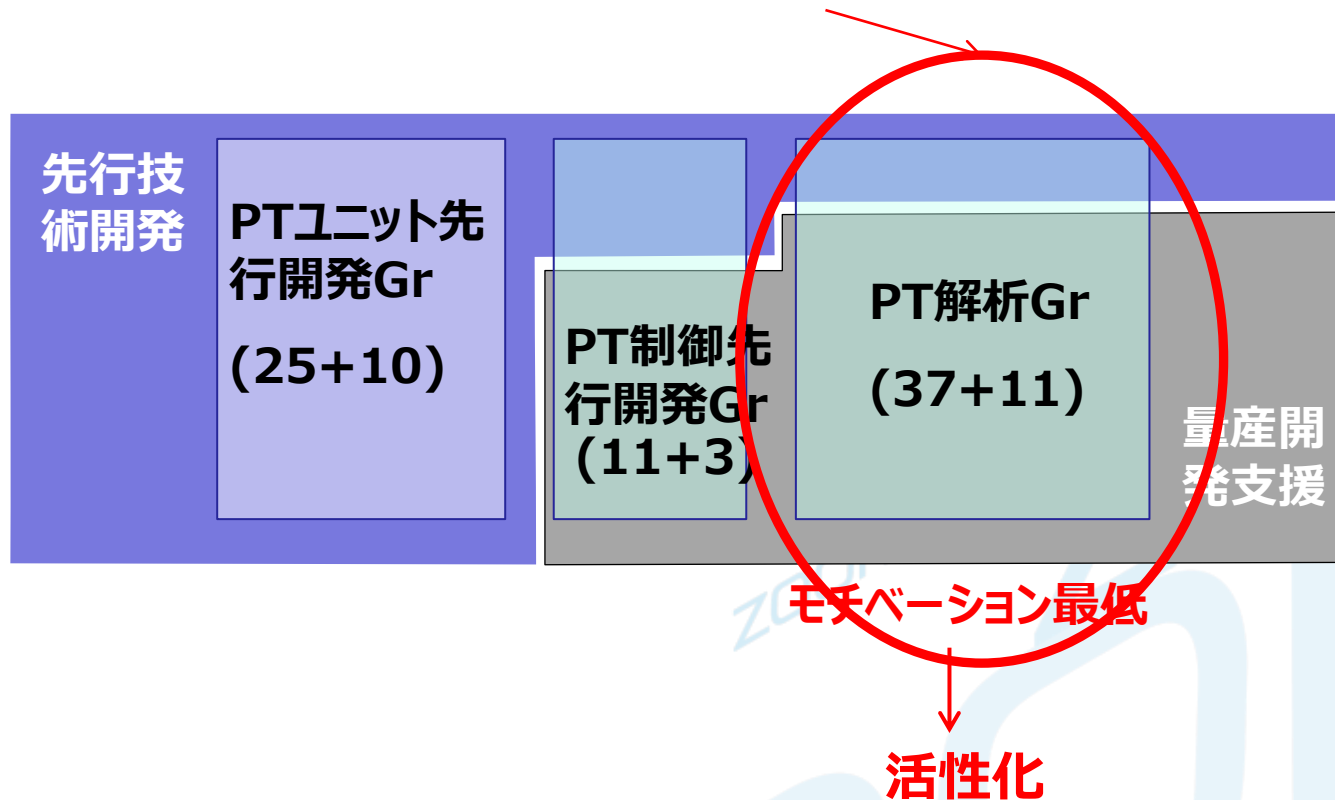
CAE強化による開発

CAE強化 PT解析グループの能力強化

従来

商品開発部門からの計算受託業務

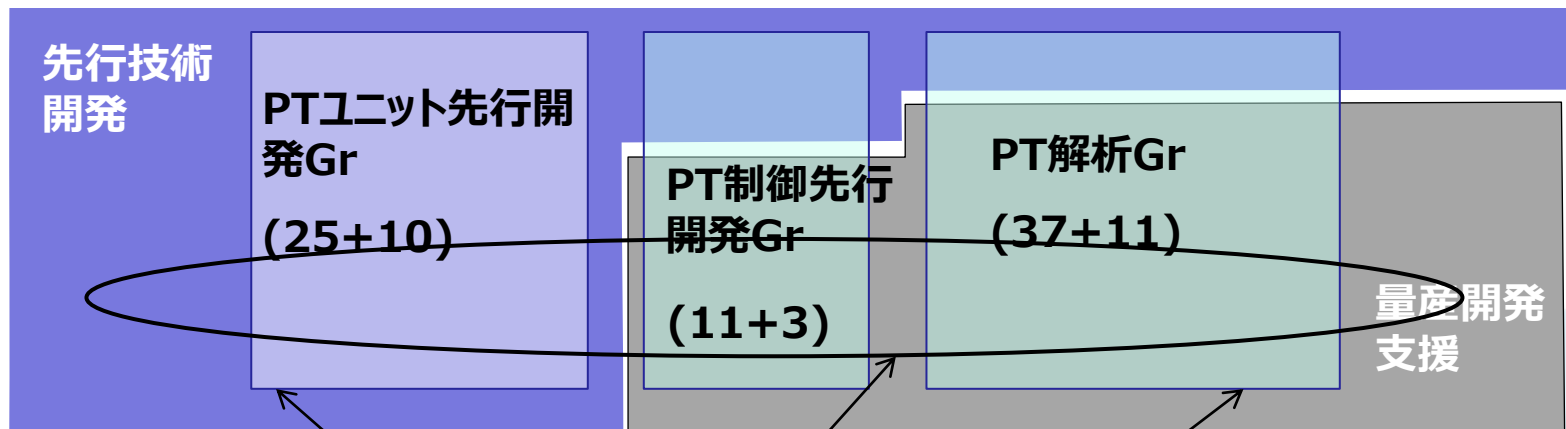
→開発に主体的にかかわることが無い、安心のための補助計算的な仕事が多い



CAE強化による開発

変更後

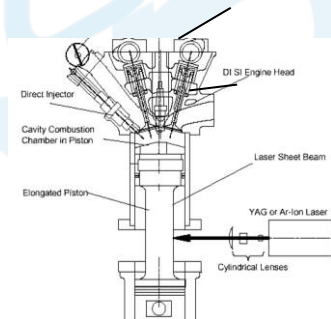
部全体でCAE能力向上に努めることを周知



わずかしかないエンジン先行開発部隊もCAE精度向上のために仕事

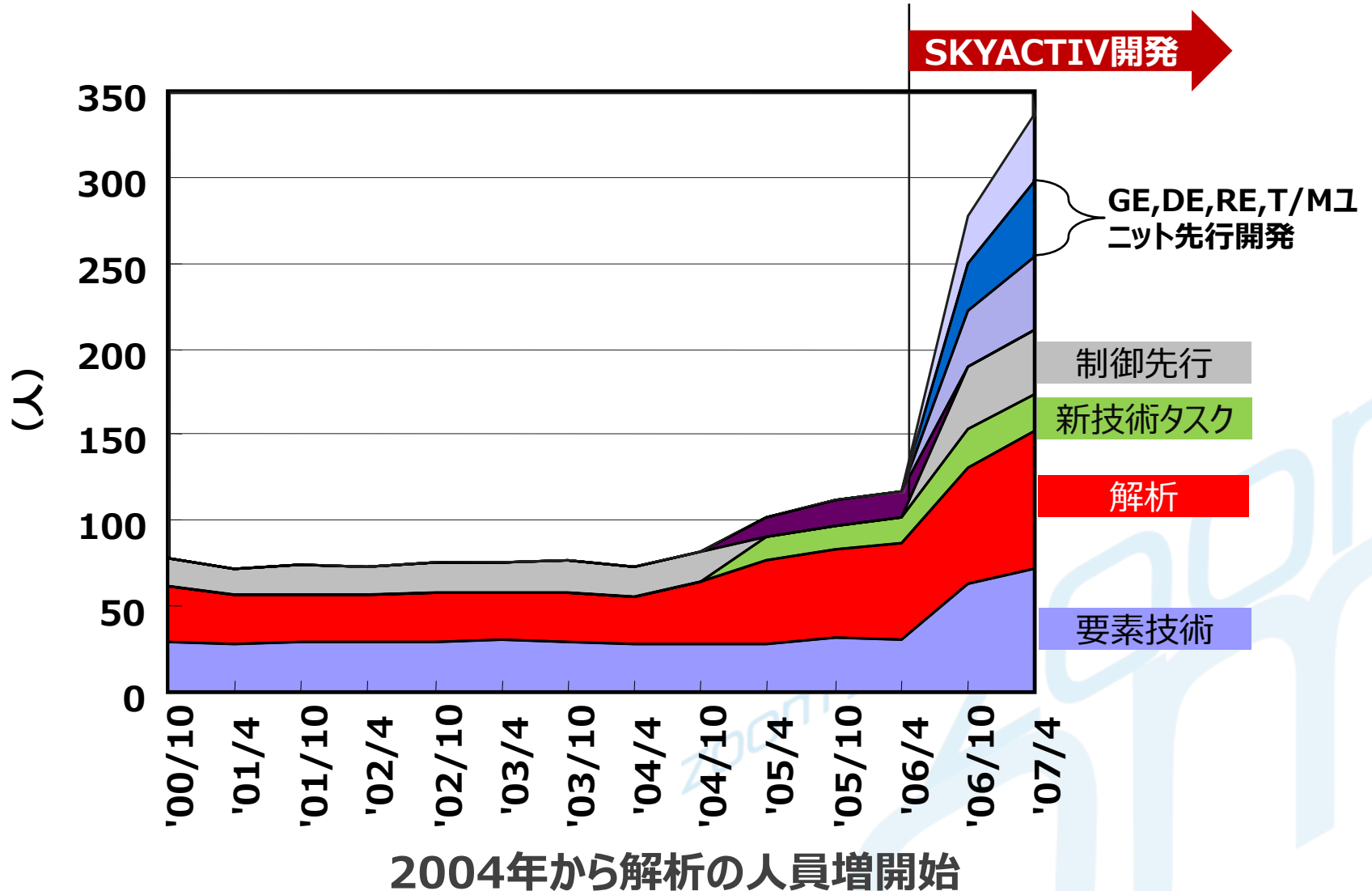
部内横断チームを作り席も同じ場所にして開発に入り込む

新人を解析Grだけにでも配属するよう依頼



CAE強化による開発

先行部門人員変遷



CAEによる開発をどう進めたか

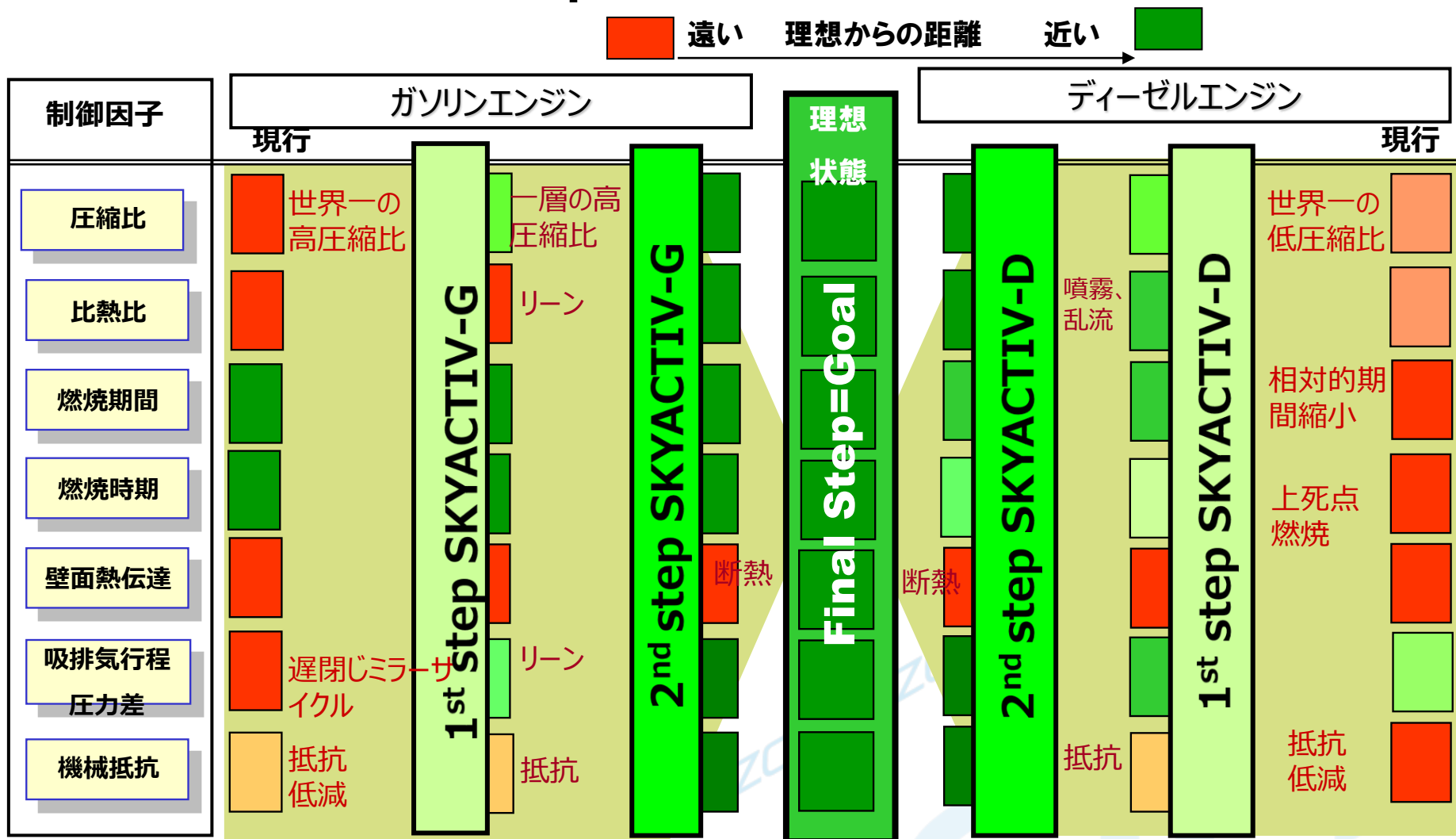
2010年以前の実例

エンジンの効率改善を例に説明します

zoom-zoom

内燃機関が一番ピン

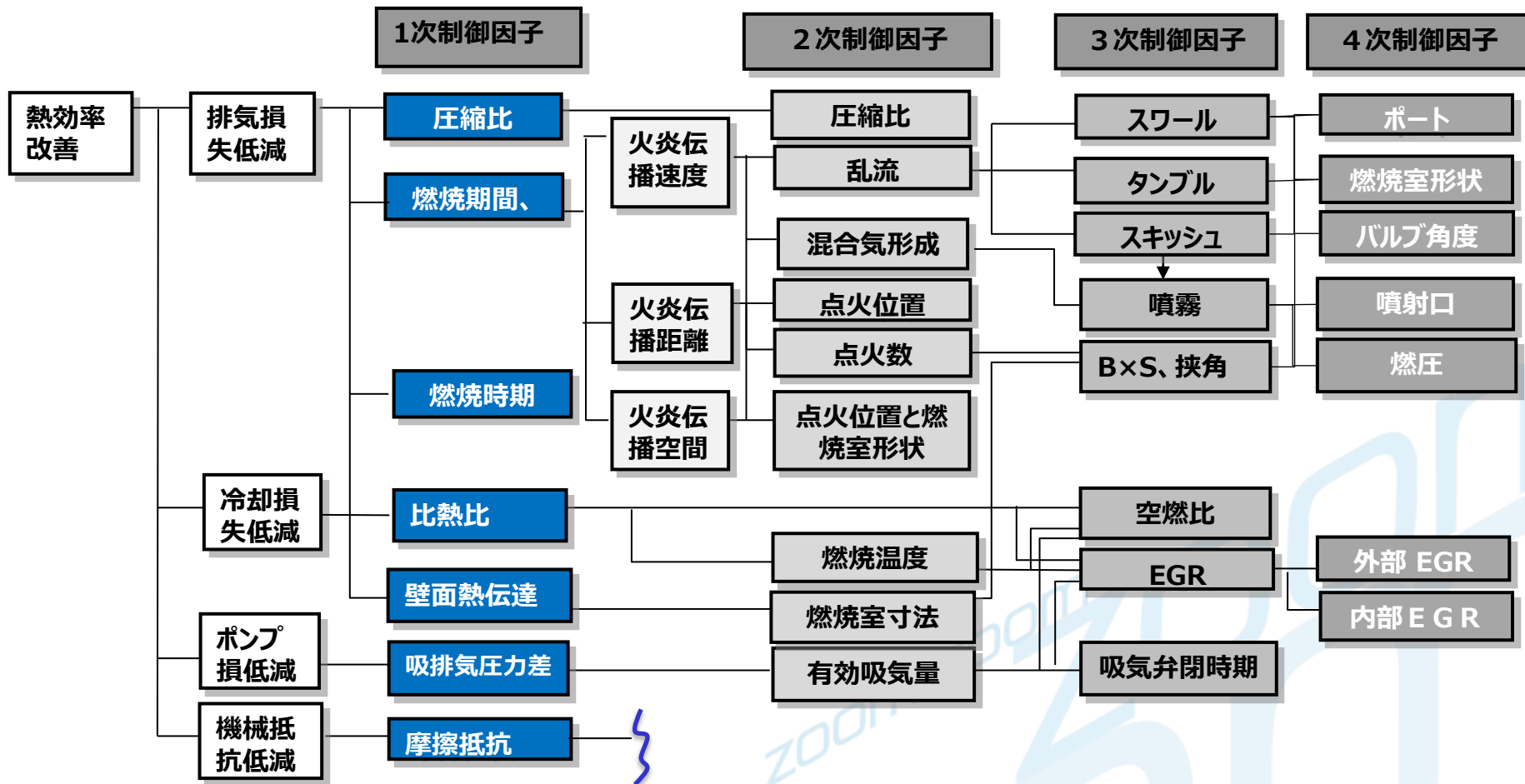
内燃機関進化のroadmap



これを迷わずやる！！ 赤丸で囲んだ3パラメータで計算

CAE強化による開発

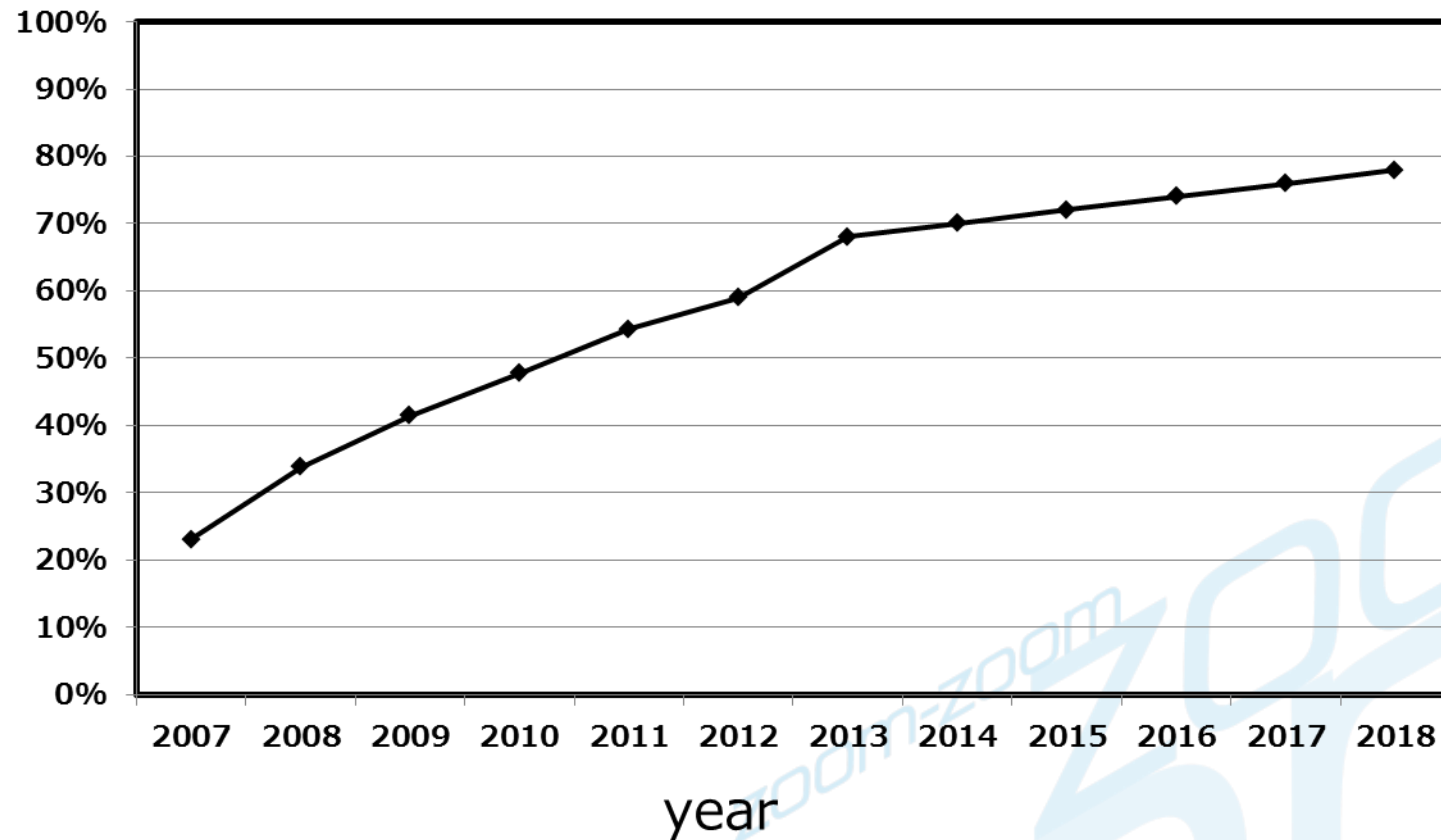
制御因子間をCAEでつなぐ



全てのつながりをCAE化

CAE強化による開発

CAEによる検証率



CAEを活用したモデルベース開発 への序章

厳しい燃費規制対応のために多くの機種、車種
を一気に刷新 初めての試み

コモンアーキテクチャー構想
(共通化による開発効率改善)

コモンアーキテクチャー構想

仕事を効率化するための共通化を図るとき

ハードウェアを共通化しますか？

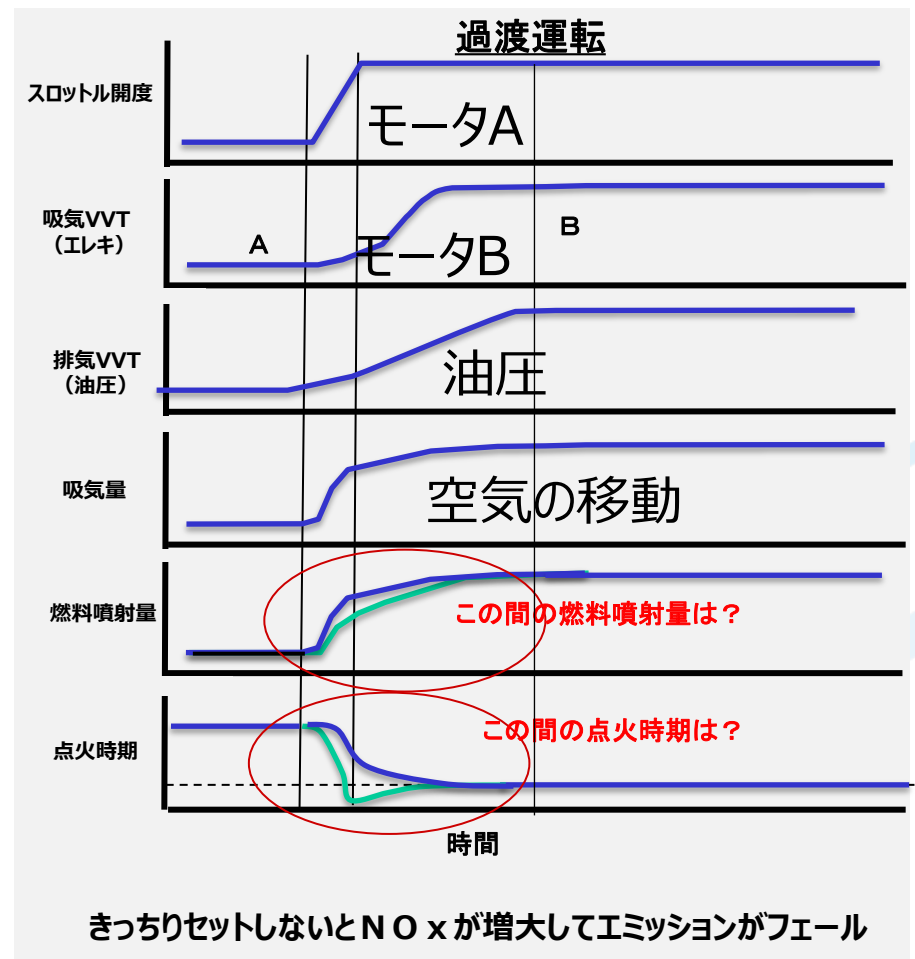
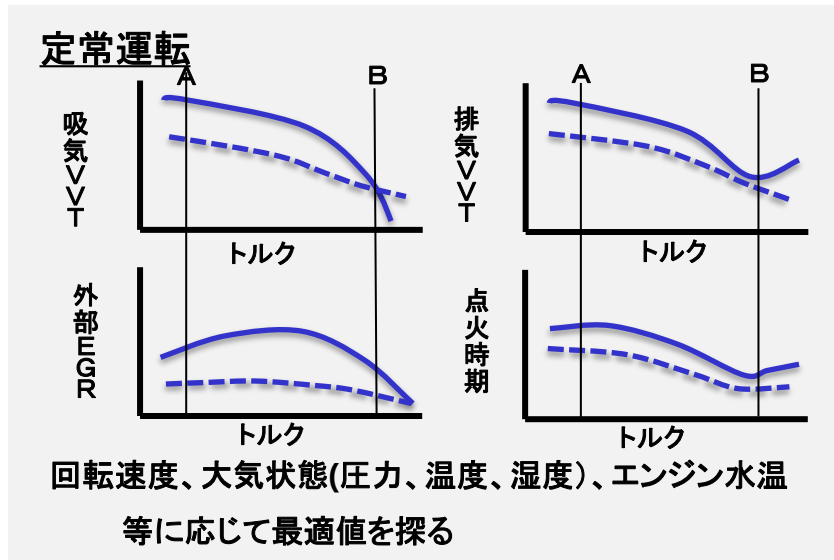
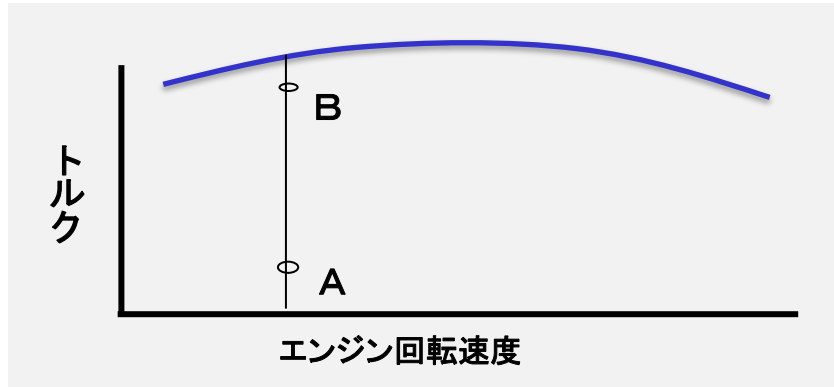
特性を共通化しますか？

最も苦勞をし、時間をかけていることに
適用すべき = 適合

ならば特性の共通化をすべし

CAE強化による開発

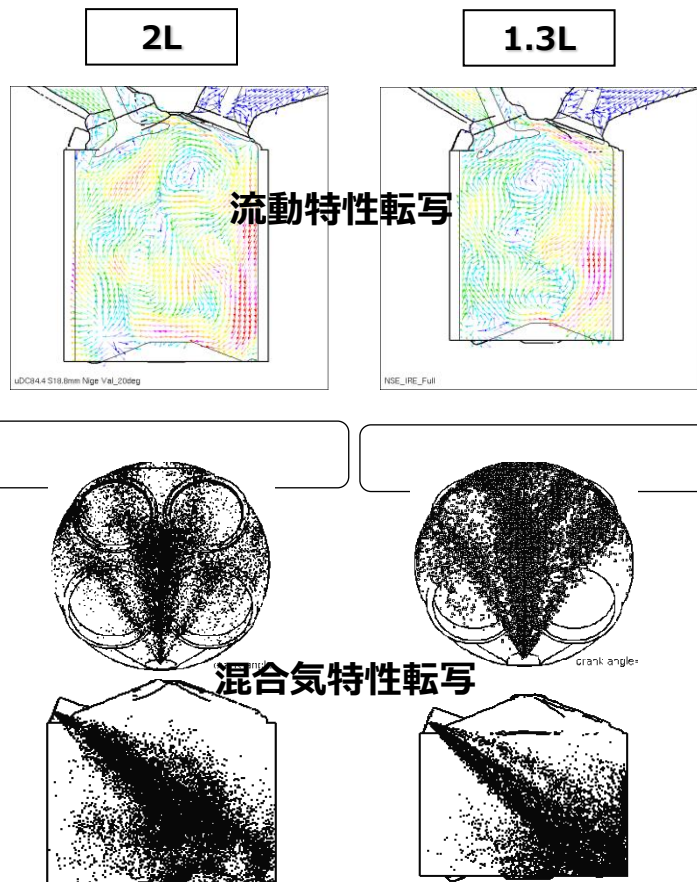
多大な工数を費やすのは 適合



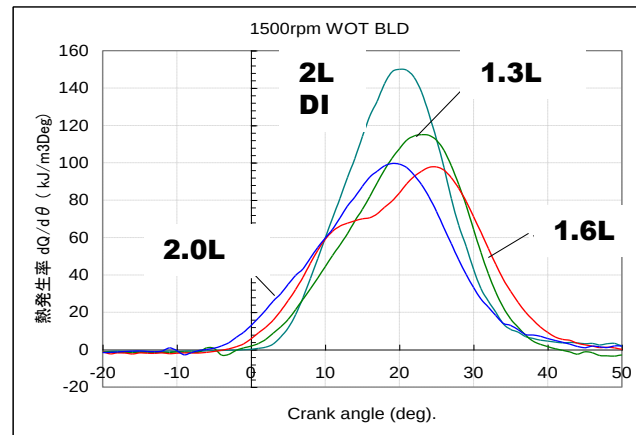
CAの狙い = 適合工数の増大をいかに防ぐか

CAE強化による開発

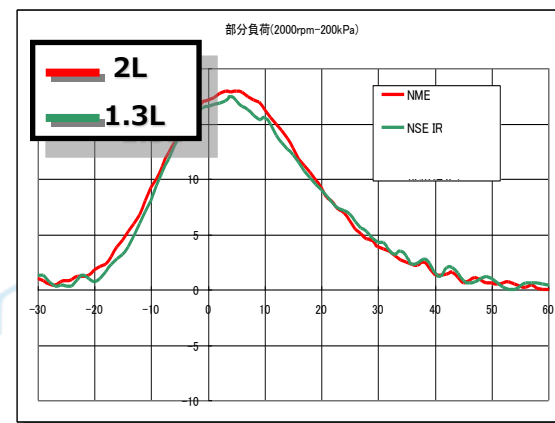
燃焼特性のコモンアーキテクチャー



現行Eng



SKYACTIV-G

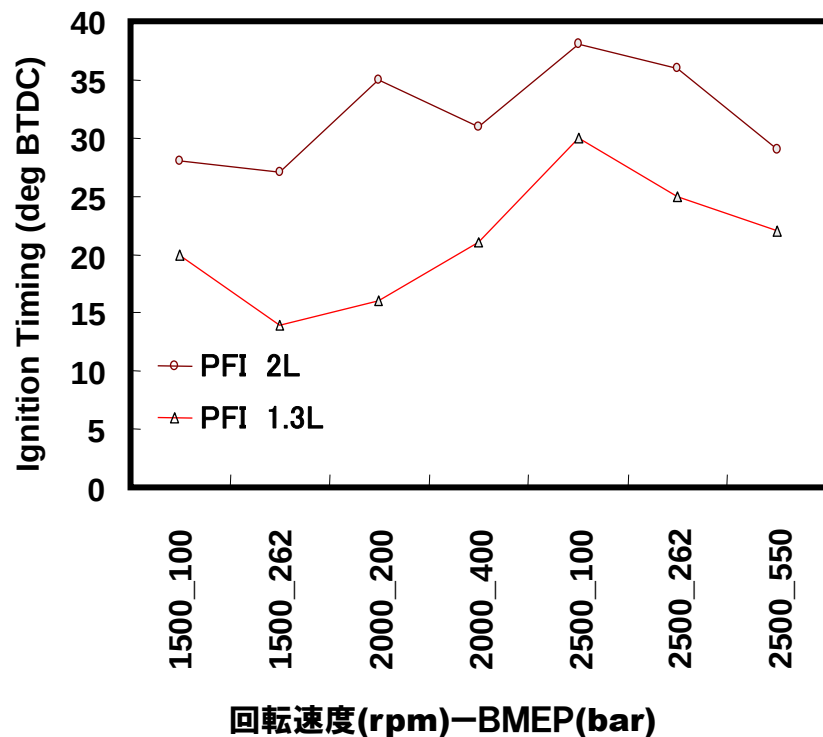


排気量によらず、同体質な燃焼特性を実現

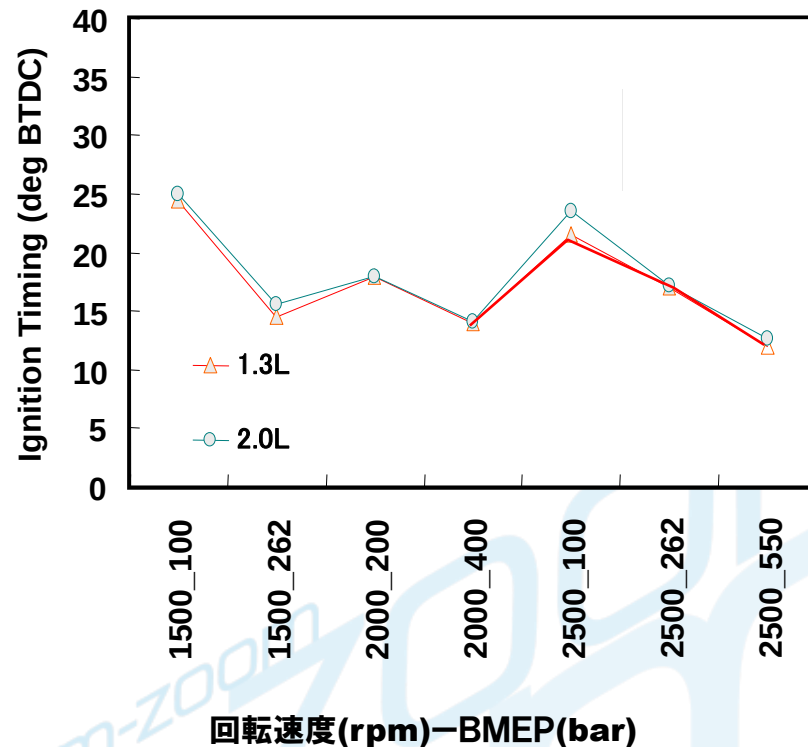
CAE強化による開発

燃焼特性のコモンアーキテクチャー化

従来エンジン



SKYACTIV G



2機種目からの定常キャリブレーション定数の転写率向上
効率化の意識付けに成功

**キャリブレーション共通化＝特性を合わせる
メカニズムがわかっていないとできない**

モデル化を目指す＝メカニズムを理解する

モデルベース開発への意識づけには良い試みだった

CAE強化は真に一番ピンだった

CAE強化

先行開発部門の
人材強化

商品開発部門の開発効率化で先行開発へある程度人が循環

少人数でも新技術開発力向上

CAEで発想力強化

技術検証力向上

物に頼らないから予算が少なくても検証可能

適合工数

机上化が進み効率化

部門のモチベーション

先行開発部門の活性化

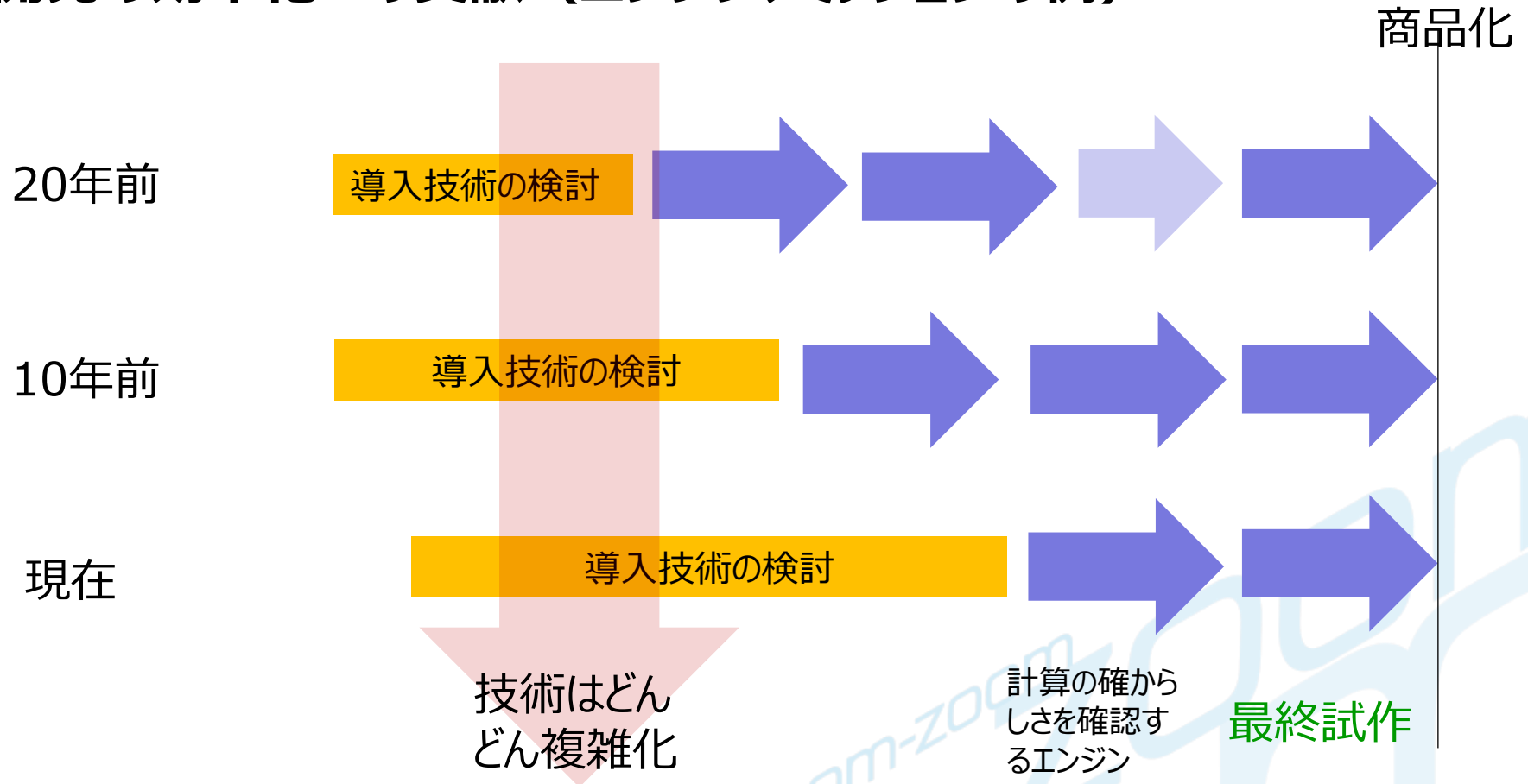
MBDの本格導入に向けて下地ができた

今まで取り組んできた成果の例

モデルを作りを通してメカニズムを知ったうえで開発することで昔のようにすぐ実機に頼る開発から脱却

zoom-zoom

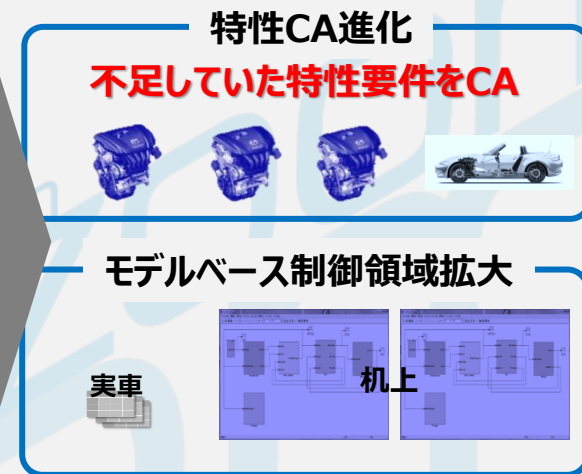
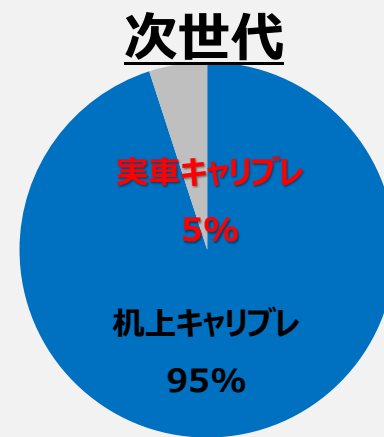
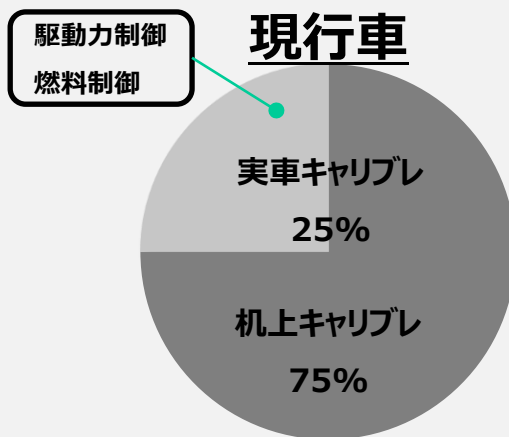
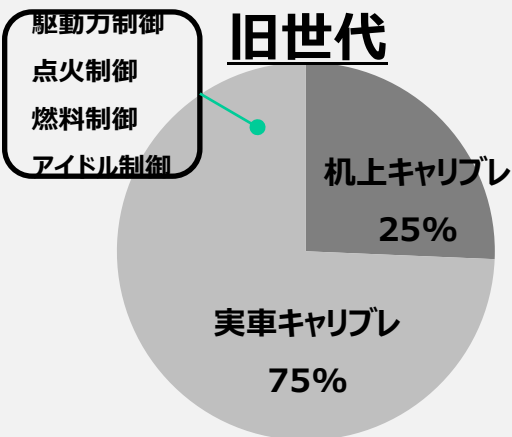
開発の効率化への貢献（エンジン、ミッションの例）



技術は複雑化するので仕込に時間がかかるが商品化開発段階はすばやく完了

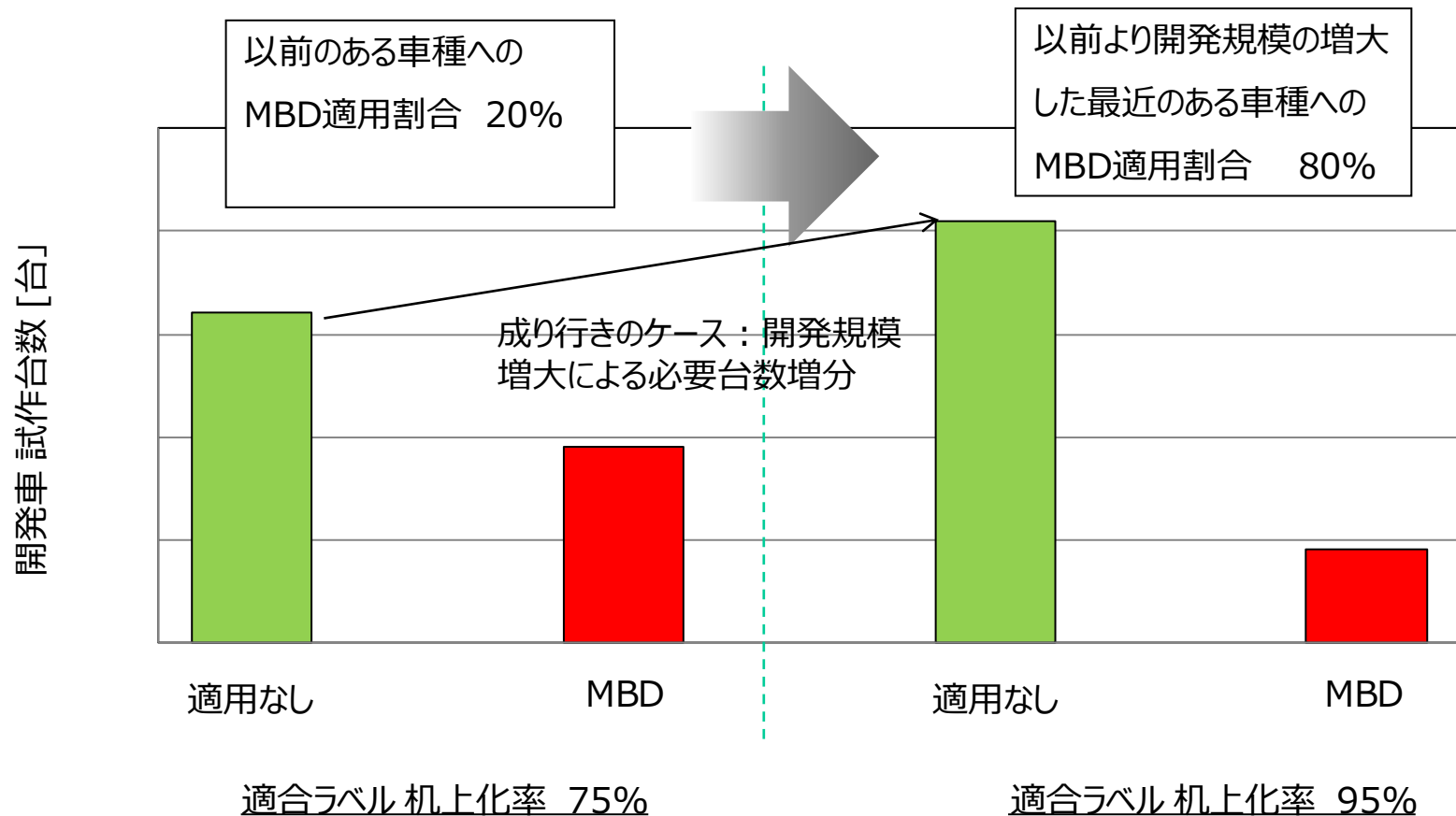
■ MBDによる制御開発の進化

キャリブレーション机上化率



MBDの適用により、制御開発を机上化し実車開発を大幅に削減

MBD、CA適用による車両試作台数の変化



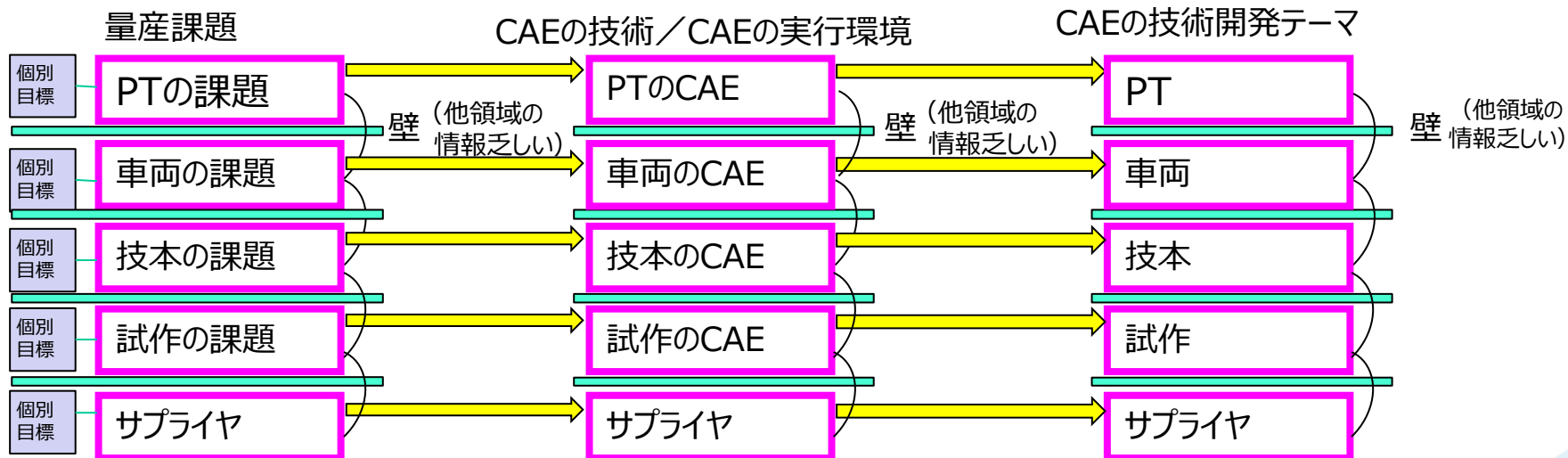
開発規模からすると大幅な増加が見込まれる車両試作数をMBDの進化で削減

パワートレインのCAEグループが
今では部となって車両領域や
生産技術と連携

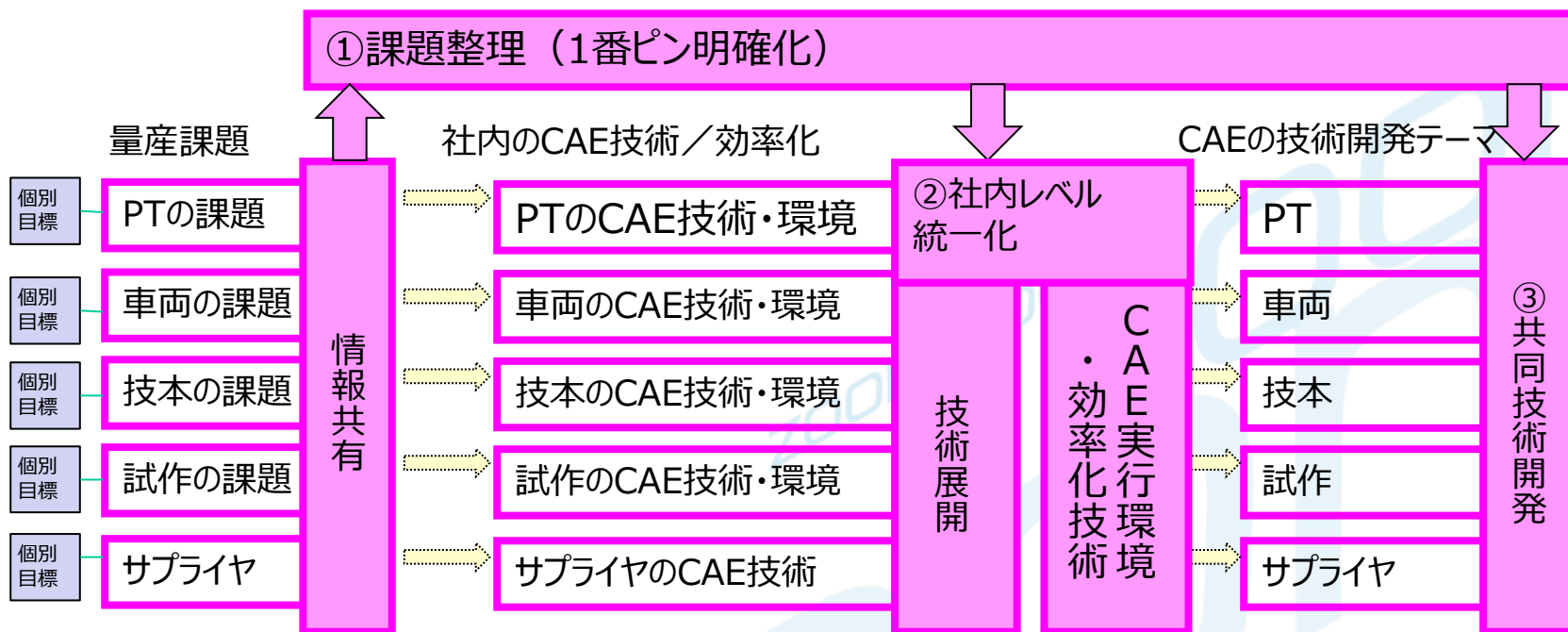
制約解消の一番ピン思考を先
導している

MBD

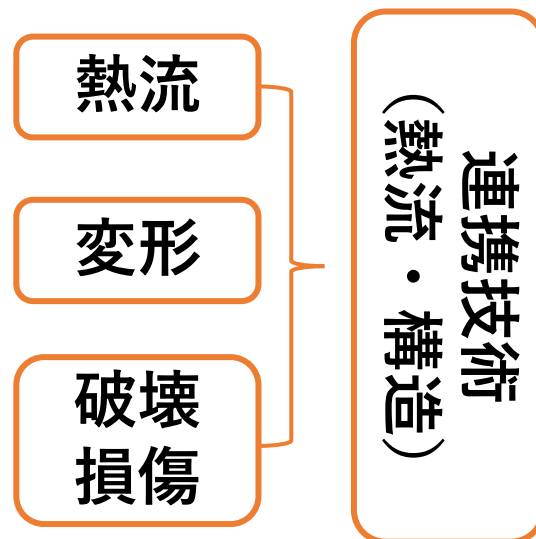
従来



目指す姿



生産も開発も、物理特性で整理すると扱っている技術課題は同じ



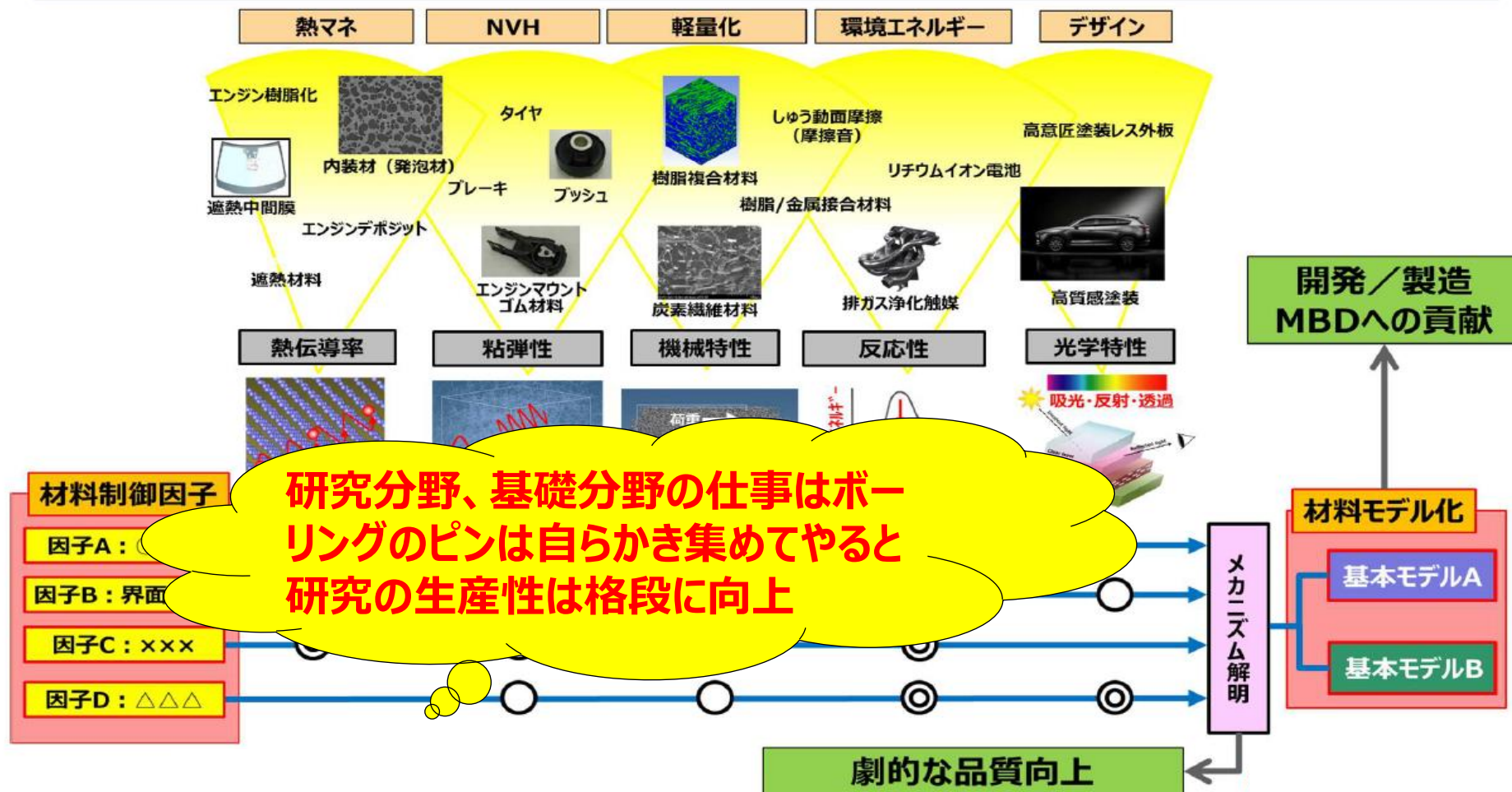
サプライヤーなども含めて同じように取り組みつつある

研究領域においても同様な考え方を適用

zoom-zoom

材料MBR

材料技術領域全般にわたる材料制御因子の高度化（横串を通す）により、効率的に、『革新技术の創出』、『開発/製造MBDへの貢献』、『品質向上』に繋げる



何とかこなして高い評価も得た

しかし財務体質はまだまだ脆弱なまま

次はもっとやるが増える

前世代よりも多い商品開発種類 EV、PHEV、Mild HEV, REX、
自動運転、規制強化&厳格化、各国が独自規制、現実的
roadmap無しで内燃機関禁止を決める国々（だから止めるとはい
かない）、働き方革新、リモートワーク、DX、、、

やることが増えるが人は増やせない

最大の制約

やることが多すぎるのに人もお金も少なすぎる、できるわけがない
う思い

最初と同じ構図

この制約解消には

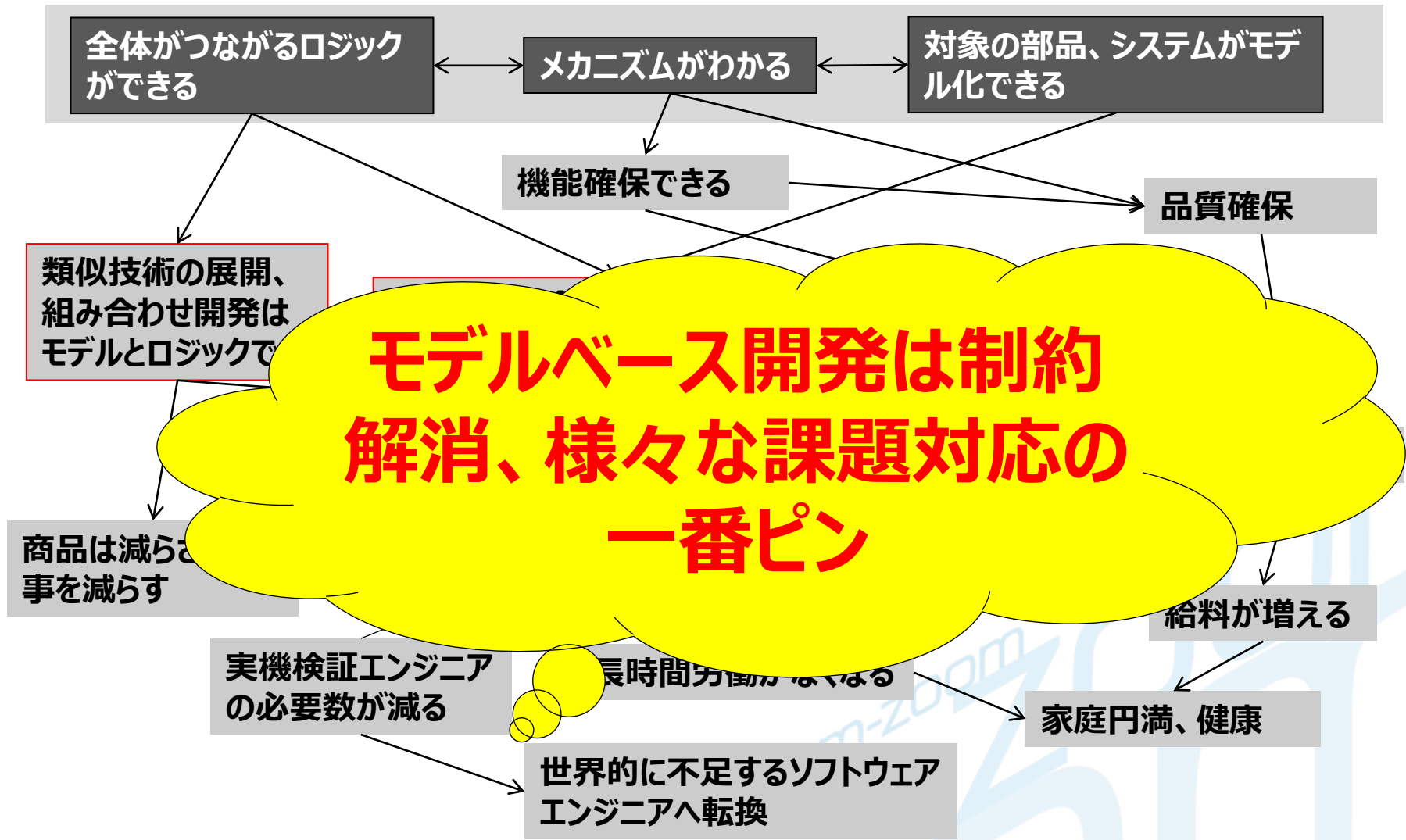
（商品などの種類を減らすのではなく）対象となる
仕事の種類を減らして汎用性の高い仕事をする

= 一つの仕事で多くの課題を解決する

= 究極の一番ピン

zoom-zoom

TOC+MBD



このようなつながりを実現するという意志をもって組織的にやることが重要 これもモデルである

MBDはかなり浸透、定着したがプロセスの抜本的改革を伴わないと高速で無駄なことをやっていることになってしまう

背景

開発のメンバーは（開発に限らず多くの社員は）70%ぐらいは手戻りの仕事をしているのではないかという感覚

効率化に対するマネージメントの一番ピン

段取りを整えてから仕事を開始する

TOC WIPボード活用

及びその考えを企画、構想、開発全体へ

マネージメント改革で仕事の滞留防止

- 皆さんのチームメンバーが今日何の仕事をするか知っていますか？
- いくつタスクを抱えているか知っていますか？
- 各タスクは何をインプットにして仕事を始めていますか？本当に今始めるべき条件はそろってますか？
- 優先度は担当者に任せきりではありませんか？
- 特定の人に仕事が集中していませんか？その人で組織のパフォーマンスが決まっているような人にその人でなくてもいい仕事までさせていませんか？

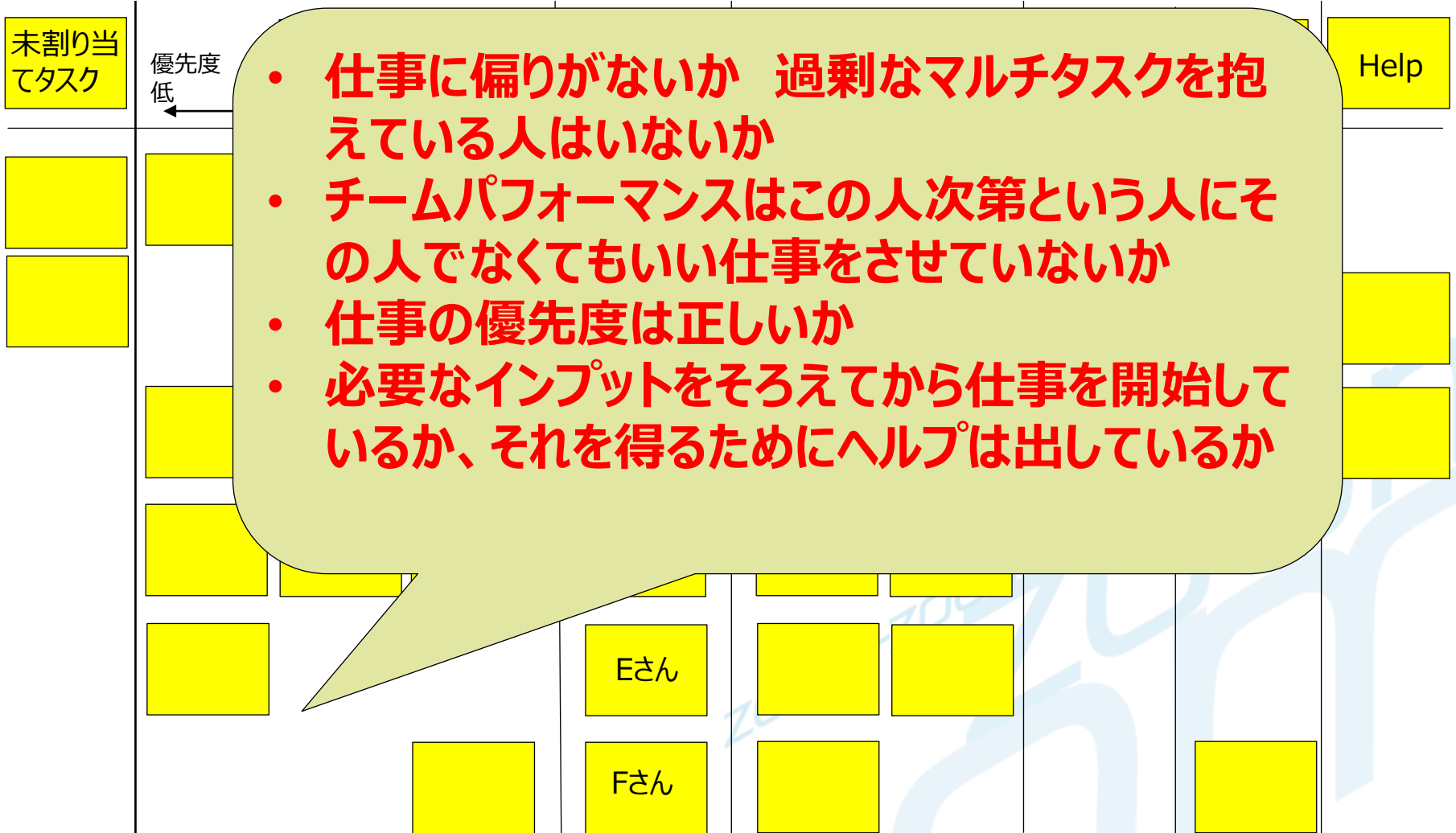
フルキット

フルキットをそろえる＝手戻り防止のためにプロジェクト開始前に万全の準備をする

そろわないうちに仕事を始めると何もしないより大きなロスにつながる

**ドイツの総労働時間は少ないが生産性は
日本よりはるかに高い
なぜか？フルキットが習慣化されている。**

チーム名



チーム単位ではWIPボード活用

日々のヘルプ要請に対しマネージメントが助ける

ここで終わっては大きな手戻りは防げない

企画、構想、開発全体に対してもフルキットをそろえてやる

大きなスケールの手戻り防止

他社にない提供価値、伝え方、規制対応と顧客価値、コスト、売値と顧客価値、、、開発、生産、購買、営業、マーケティングを合わせる

これこそシステム思考

効率化＝無駄の排除（無駄と認識されていない無駄）

必要な段取りをしないで仕事を始める無駄（早くからまじめにやっているという誤解）
必要なインプットをそろえないで始める、複雑に見えるものを紐解かないで始める
上流段階の不備は壮大なる無駄を生む

→フルキットをそろえてやる＝WIP

システム思考

同じことを何回も繰り返す無駄（毎回まじめにやっているという誤解）
一度やった経験を有効活用しない無駄＝円の面積を求めるのに方眼紙で測る作業、または公式を導く作業を毎回やるようなもの

→研究、新技術開発、プロセス革新、コスト低減、品質改善、、、いい仕事をしたらそれをモデル（物理式、化学式、数式、ルール、法則、、、）にして次からは自分もほかの人もそれが使えるようにする。同じ苦労を繰り返さない

MBD

多くの課題に個別に対応する無駄（何に対してもまじめにやっているという誤解）

→ 制約に集中＝TOC 一番ピンに集中

大変な時代

Apple, SONYなども自動車業界参入？

Google , Amazon, アリババ、等々自動運転の研究開発

鴻海精密工業、Bosch, 日本電産などが電気自動車のシャシー、パワートレインを製造？

自動車もi-phoneや半導体のようにファブレス企業が席卷するのか？

こんな時代が来たら我々は何で生きていくのか？

今のビジネスモデルが通用するうちに仕事を効率化して、常にイノベーションを考える人材を捻出する。

ご清聴ありがとうございました！

