

化学工学会第54回秋季大会
SY-76 安全部会シンポジウム

化学産業の環境変化と これからの人材育成

(一社)京葉人材育成会 会長
東京大学工学系研究科非常勤講師
中村 昌允

概要

1. 化学産業に係る三つの変化

- (1) 製造現場の変化
- (2) 製品の変化 “Commodity” から “Specialty” へ
- (3) カーボンニュートラル(CN)などの社会環境の変化

2. 化学産業とカーボンニュートラル

- (1) CNとは、化学産業にとって、出発原料を従来の石油・天然ガス・石炭から、プラスチックや植物原料に変更する産業構造、製造プロセスへの転換である。
- (2) 新たな技術を開発が必須となり、し、安全に生産できる。

3. 人材育成の課題

- (1) 安全マネジメントが設計段階に重点を置いた考え方になる。
これを踏まえた人材の育成
- (2) 一律育成から選抜育成へ

1. 製造現場の変化

1. “人”の変化

“二山構造”年齢分布から、“一山構造”へ移行

- ・ 50代以上：設備の新・増設に携わり、トラブルを経験、解決することにより、技術・技能を身に付けてきた。
- ・ 20～30代：設備が自動運転され、トラブルを経験する機会が少ない。
(技能を身につける機会が減った。)

当初の設計に関与した熟練技能者が退職したが、技能継承は進んでいない。

- ① 「設計の基本思想」、「運転条件の設定根拠」が継承されていない。
- ② 定常運転は対応できるが、非定常時には対応できない。

2. “設備”の変化

- ・ 設備の新設・増設機会が減少し、設備の維持管理が大きな課題である。
- ・ 多くの設備が更新時期に来ている。(変更管理不備に起因する事故が多い)

3. 一人一人の負担増加（現場のゆとりがなくなっている）

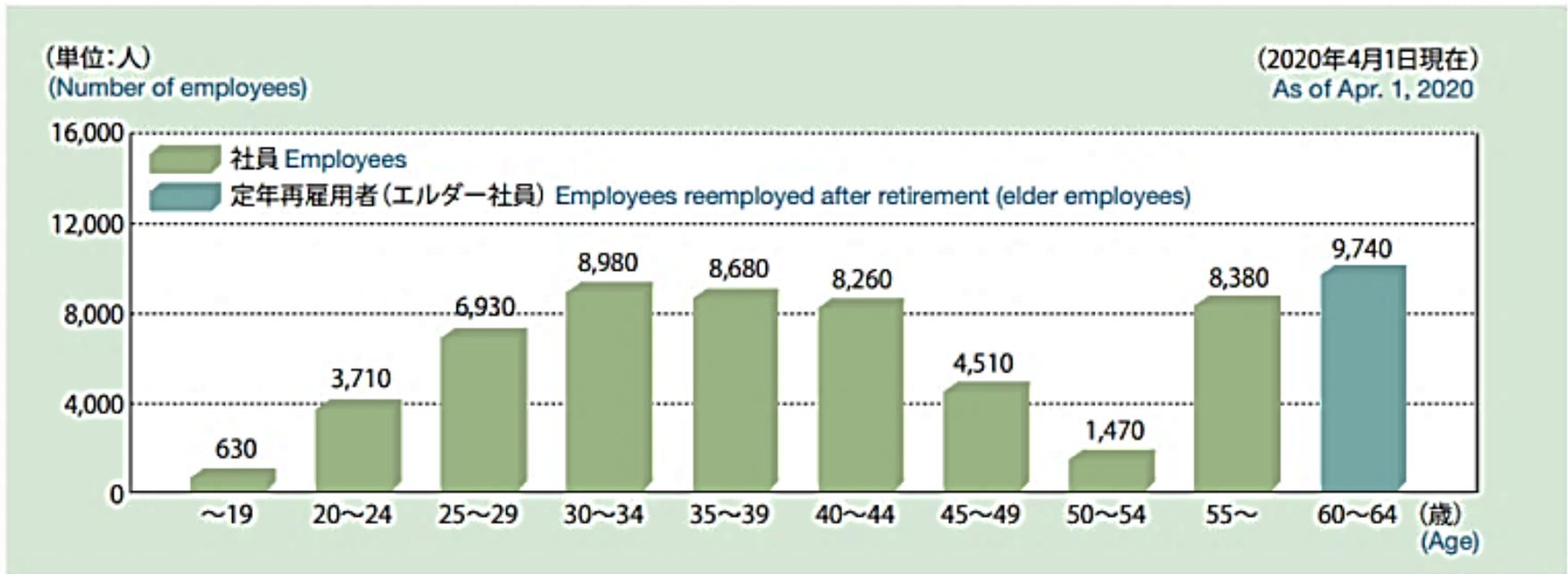
特に、ライン長の業務量がオーバーフロー

(1) 年齢構成の変化

1. 「二山構造」から「一山構造」に移行
2. 60歳以上の雇用延長で、一時期を凌いでもベテラン技能者はいなくなる。

JR東日本社員の年齢構成

Age Distribution of Employees, etc. (Non-consolidated)

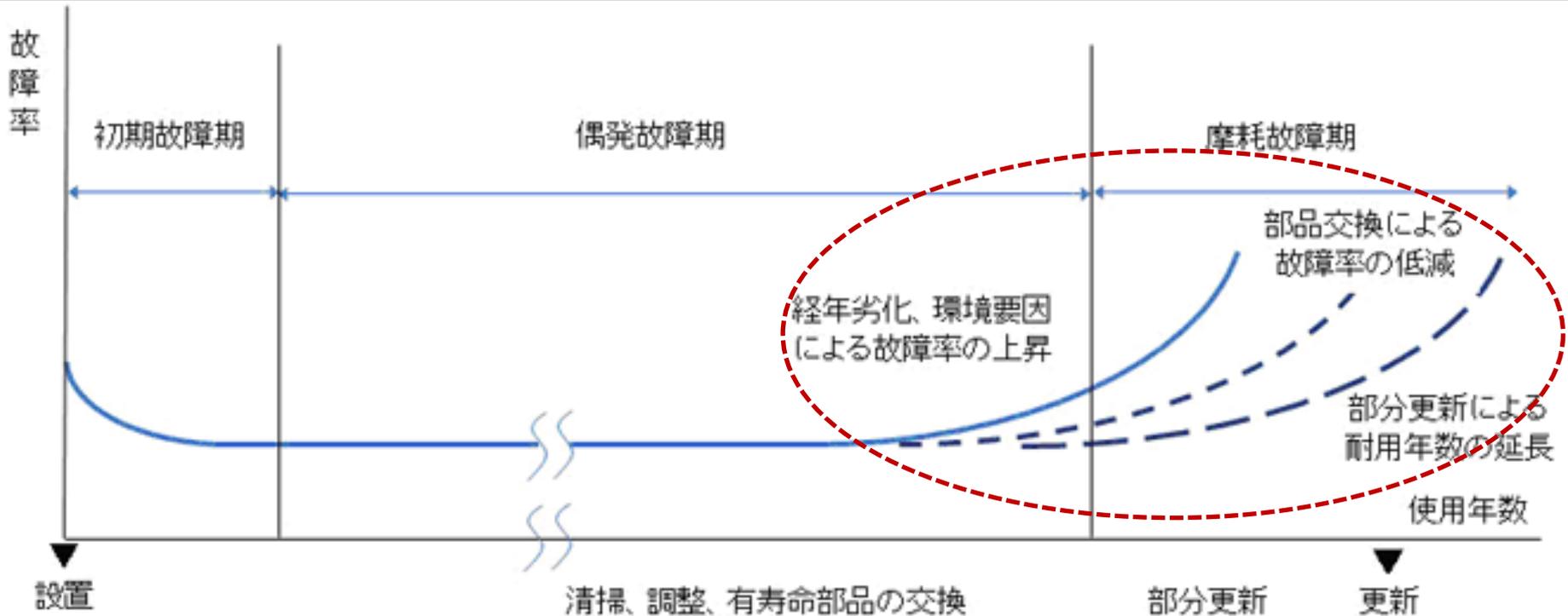


(出典: JR東日本Web掲載ファクトシート)

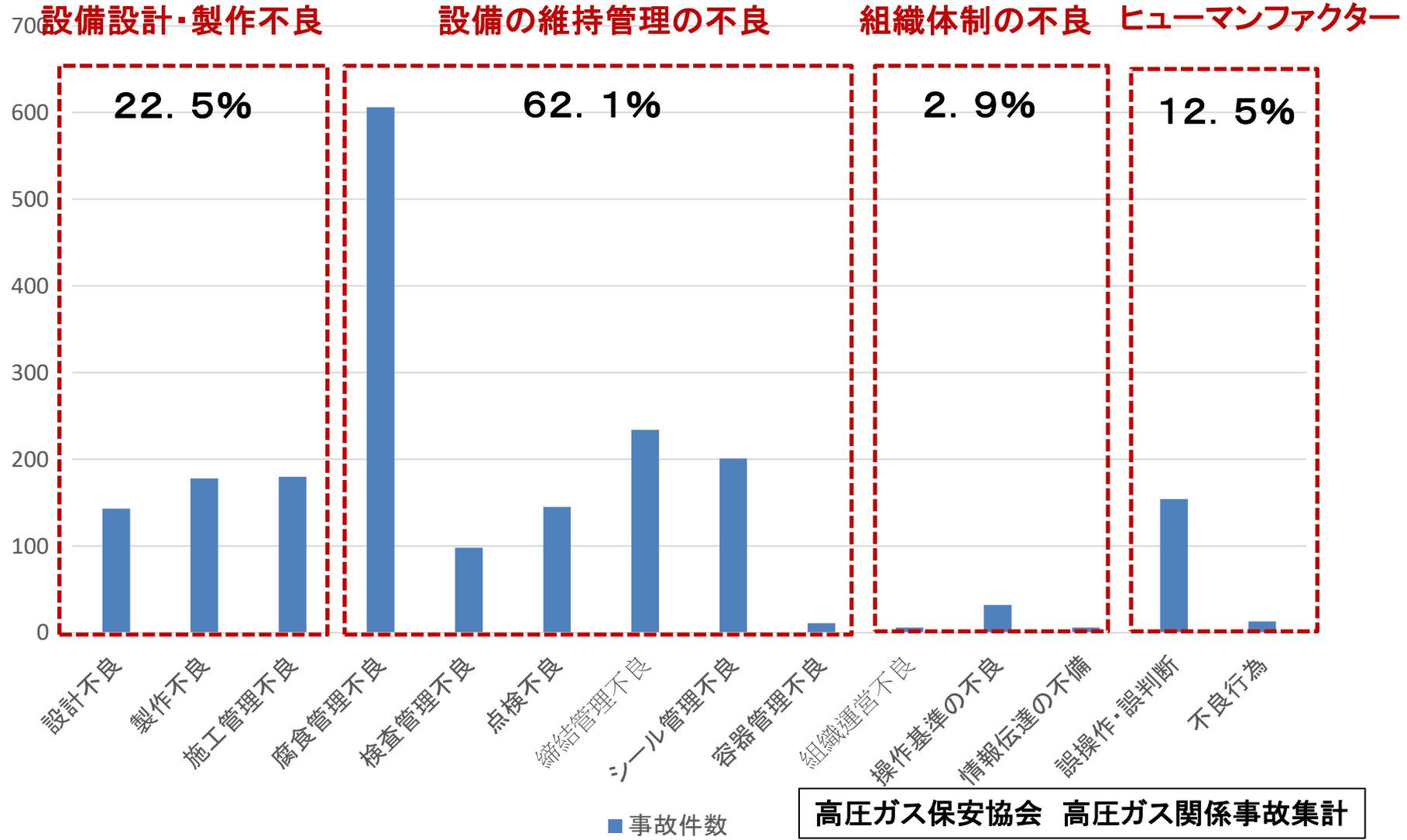
(2) 設備の老朽化

＜バスタブ曲線＞

- ・ 機械・装置の機器の使用開始直後は、製造上の欠陥によって初期故障が発生するが、時間とともにこれらの故障は取り除かれる。これを初期故障期という。（一般に約1年間）
- ・ 製造欠陥による故障は時間と共に減衰するが、軽微な欠陥は依然として残り、偶発的に故障が発生する。これを偶発故障期という。
- ・ 一定期間経過後は、構成要素の劣化が始まるために、故障率が時間とともに増加する。これを摩耗故障期という。



高圧ガス製造事業所の原因別分析(2016年~2020年)



(3) コモディティとスペシャリティ

日米欧化学メーカーがとる基本的な戦略方針

コモディティ
ケミカル

いっそう激しい
価格競争

プラントのデジタルツインなど、DXを活用した一層のプラント運営効率化による競争優位の確保

- 進めるべき施策ではあるが、他業界に比べ、すでに化学プラントはかなり効率的に運営されている
- DXを進めても、ペトロチャイナ・S A B I Cといったメーカーに価格競争で勝てるかは未知数

「コモディティケミカルではもう戦わない」という意思決定が打ち手にもなりつつある

- 三菱ケミカルと旭化成が、水島地域のエチレンプラントを合併化したことなども記憶に新しい

スペシャリティ
ケミカル

新たな
ニーズに
対する
特殊・
高性能
なもの
の開発

開発サイクル
の
圧倒的改善

新たなニーズにタイムリーに答える、高い技術開発力で差別化・高付加価値化する

(👉キートピック①：マテリアルズ・インフォマティクス)

- 従来の開発速度では、単純に需要変化に追いつけない
- また、成否の偶然性が高い化学R&Dでは、「属人的に蓄積されてきたナレッジ」は新興国企業の「人海戦術的技術開発」の前では早晩太刀打ちできなくなる

これまで
“開発外”
だった要素の
価値化

これまで、“技術力は必要だが、金を払うほど付加価値はない”ものだった要素を、競争上不可欠なものにルールチェンジする

(👉キートピック②：環境テーマの武器化)

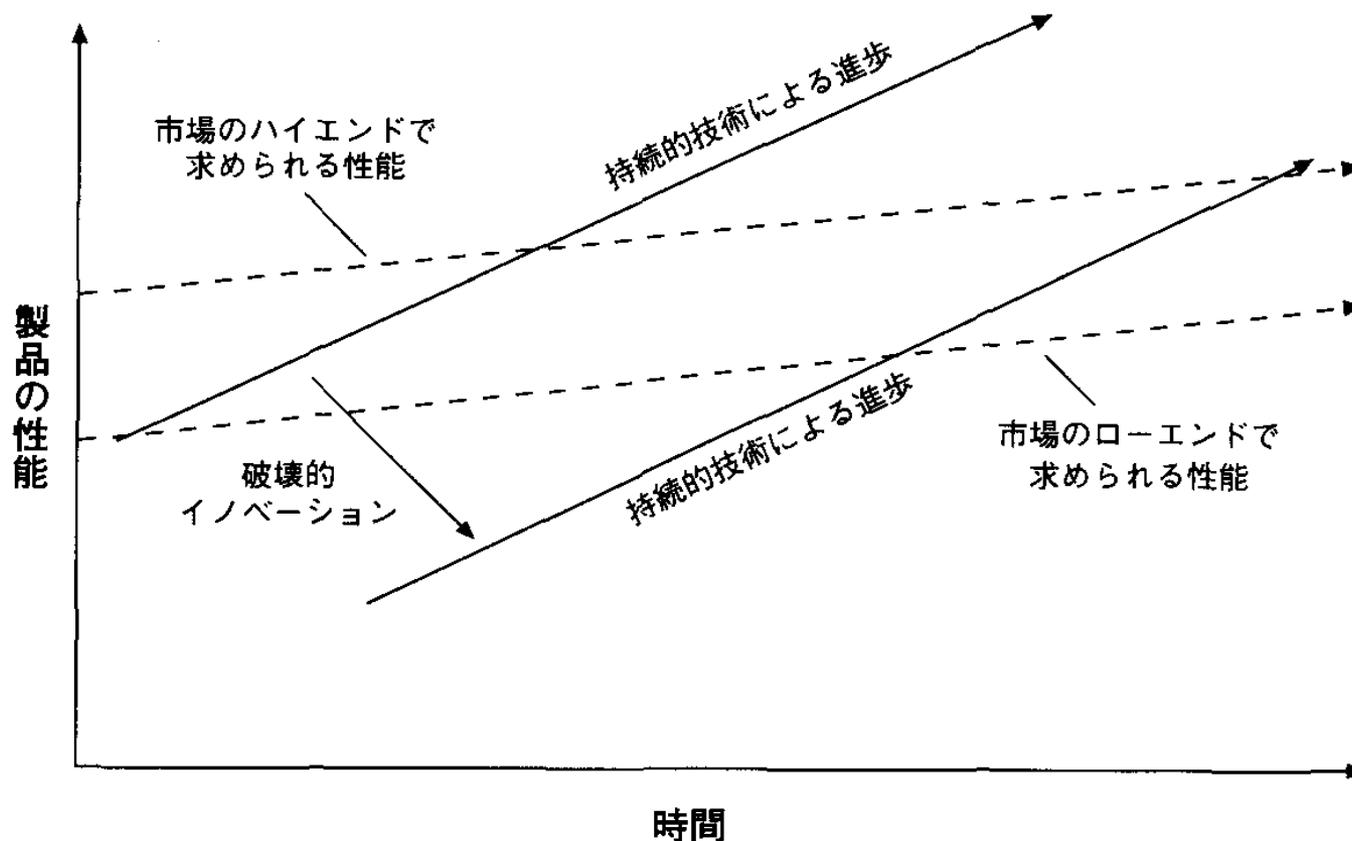
- 自社の技術にとって優位なものを、規制として競争ルール化する

他にも単品ではなく組み合わせることで付加価値を高める方向も
(ソリューションプロバイダ化)

(4)なぜ、日本の製造業は苦戦しているか

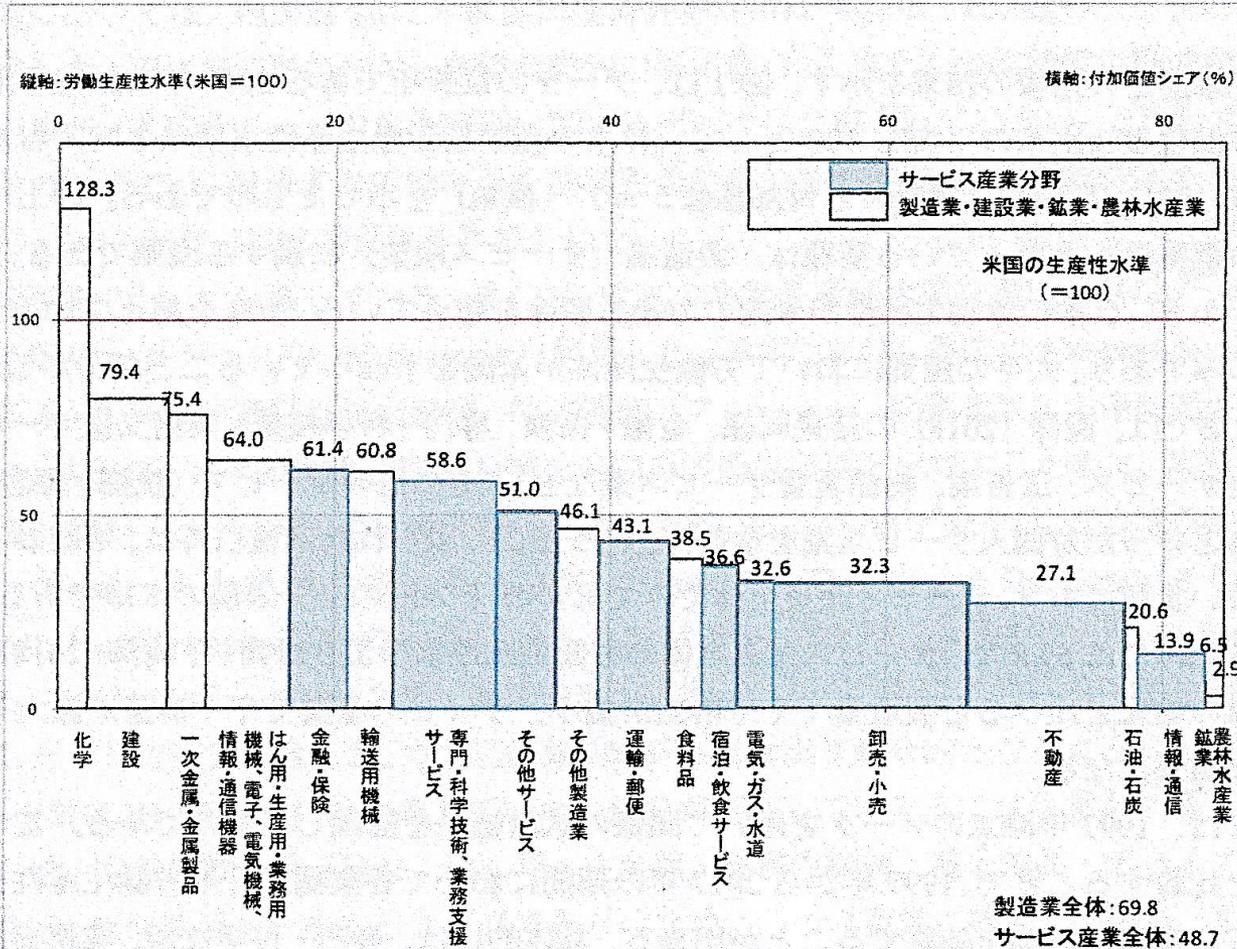
従来の延長線上で開発を続けると、市場の要望を超えてしまった。
その結果、必要機能を満たす安価な製品が出現すると、置き換わる。

<クリステンセンのイノベーション論>



日米の産業別労働生産性水準比較

図1 日米の産業別生産性（1時間あたり付加価値）と付加価値シェア（2017年）



1. サービス産業分野の労働生産性が低い。
2. 製造業においても、化学産業以外は、米国を下回っている。

2016年12月 日本生産性本部 生産性レポート Vol2 滝澤美帆「日米産業別労働生産性水準比較」

2. 技術・技能継承

1. 企業の9割以上が、技術・技能継承が重要であると認識しているが、企業の8割は、技術・技能継承の将来に不安を持っている。
2. この背景には、熟練技能者（ベテラン）の尽力で、トラブルが解決され、設備の自動化が進展してきた結果、OJTを通して、技術・技能を身につける機会が格段に減少したことがある。
3. 各社の取り組みで注目すること
 - (1) 技術・技能を継承する対象者を選抜し、指導者も選抜して育成。
一律育成 → 選抜育成
 - (2) 人材育成方針がある企業ほど、技術・技能継承が進んでいる。
 - ・ 各企業のコアとなる「技術・技能」の継承
 - ・ 将来に必要な技術・技能
 - (3) 組織的・システムの取り組み

(1) 技術・技能継承

<企業の意識調査>

1. 技能継承の重要性

9割以上の企業が重要と認識。

2. 技能継承成果の認識

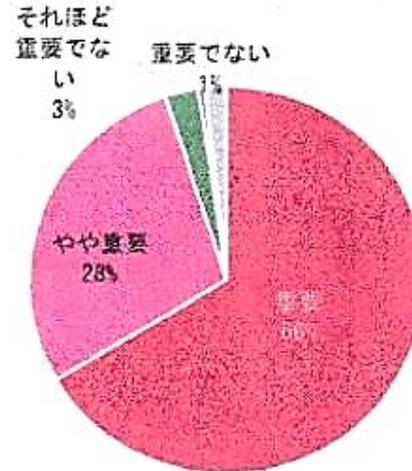
- ・うまくいっている。 45%
- ・うまくいっていない。 54%

3. 技能継承の将来

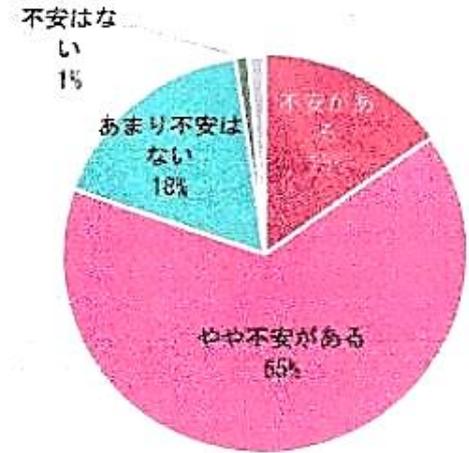
- ・不安がある 80%
- ・不安がない 19%

JILPT [ものづくり産業における技能継承の現状と課題に関する調査](2018年)

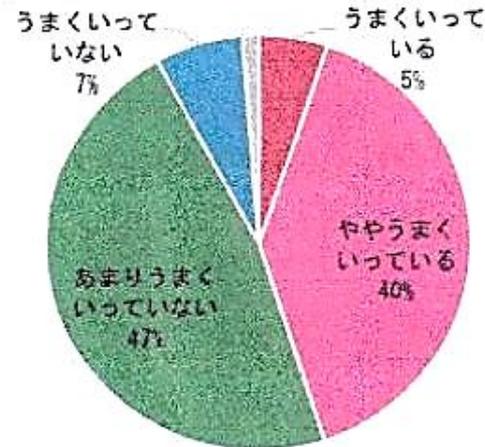
<技能継承の重要性の認識>



<技能継承の不安>



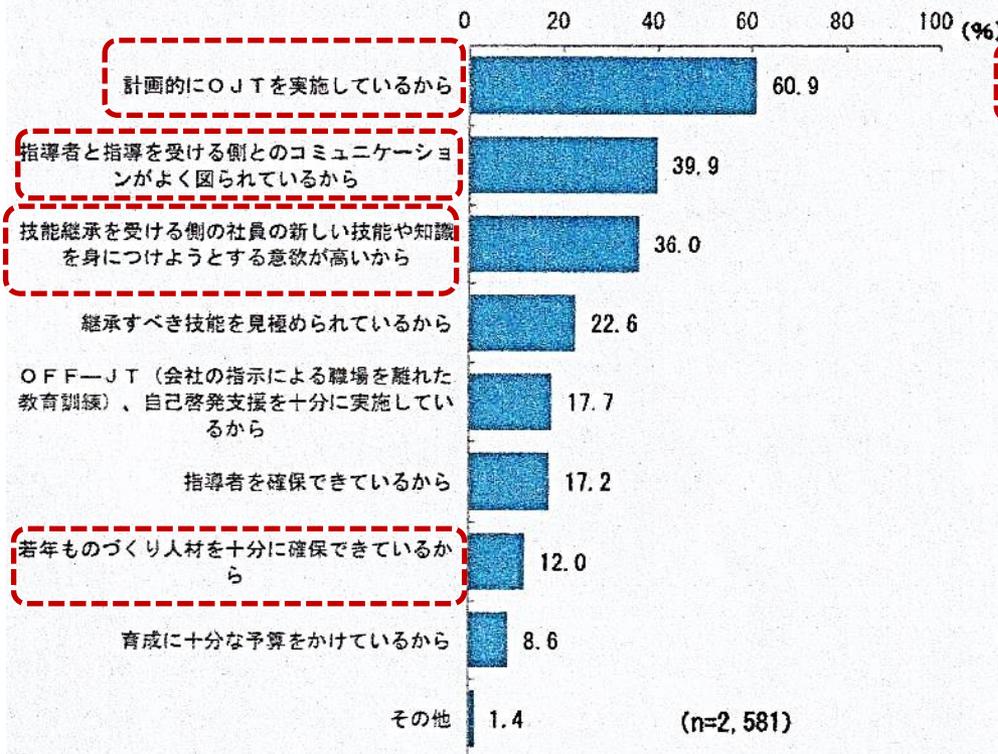
<技能継承の成果の認識>



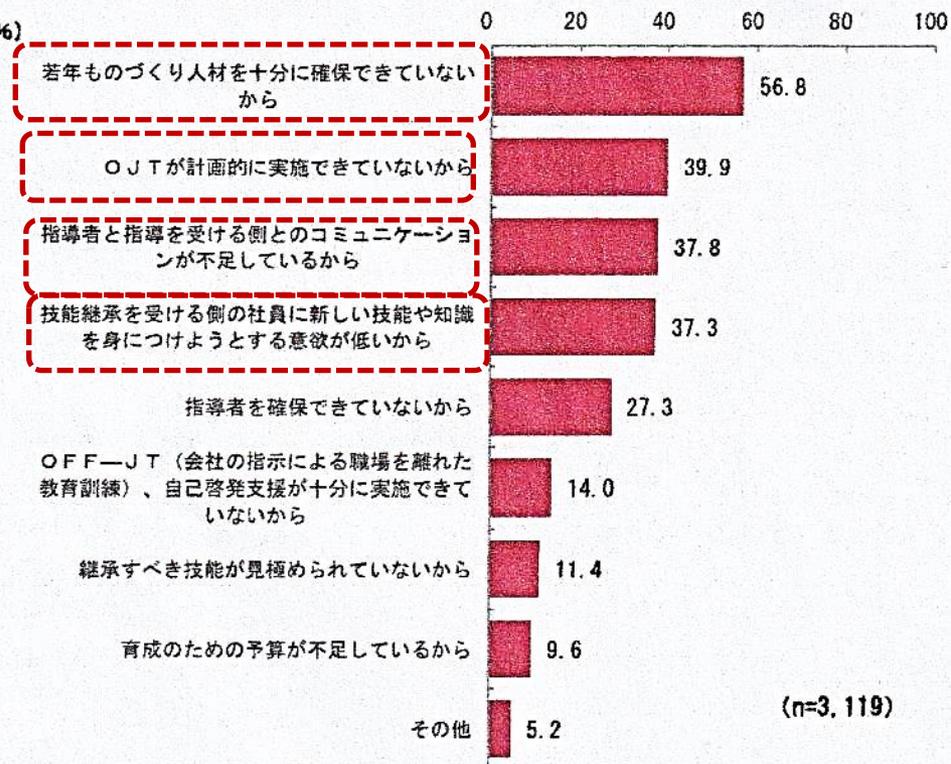
(2) 技能継承の成果につながる要因

1. 計画的にOJTを実施しているか？
2. 若年モノづくり人材を十分に確保できているか？
3. 指導者と指導を受ける側とのコミュニケーションが図られているか？

【図表2-22】技能継承の成果につながる理由



【図表2-23】技能継承の成果につながらない理由

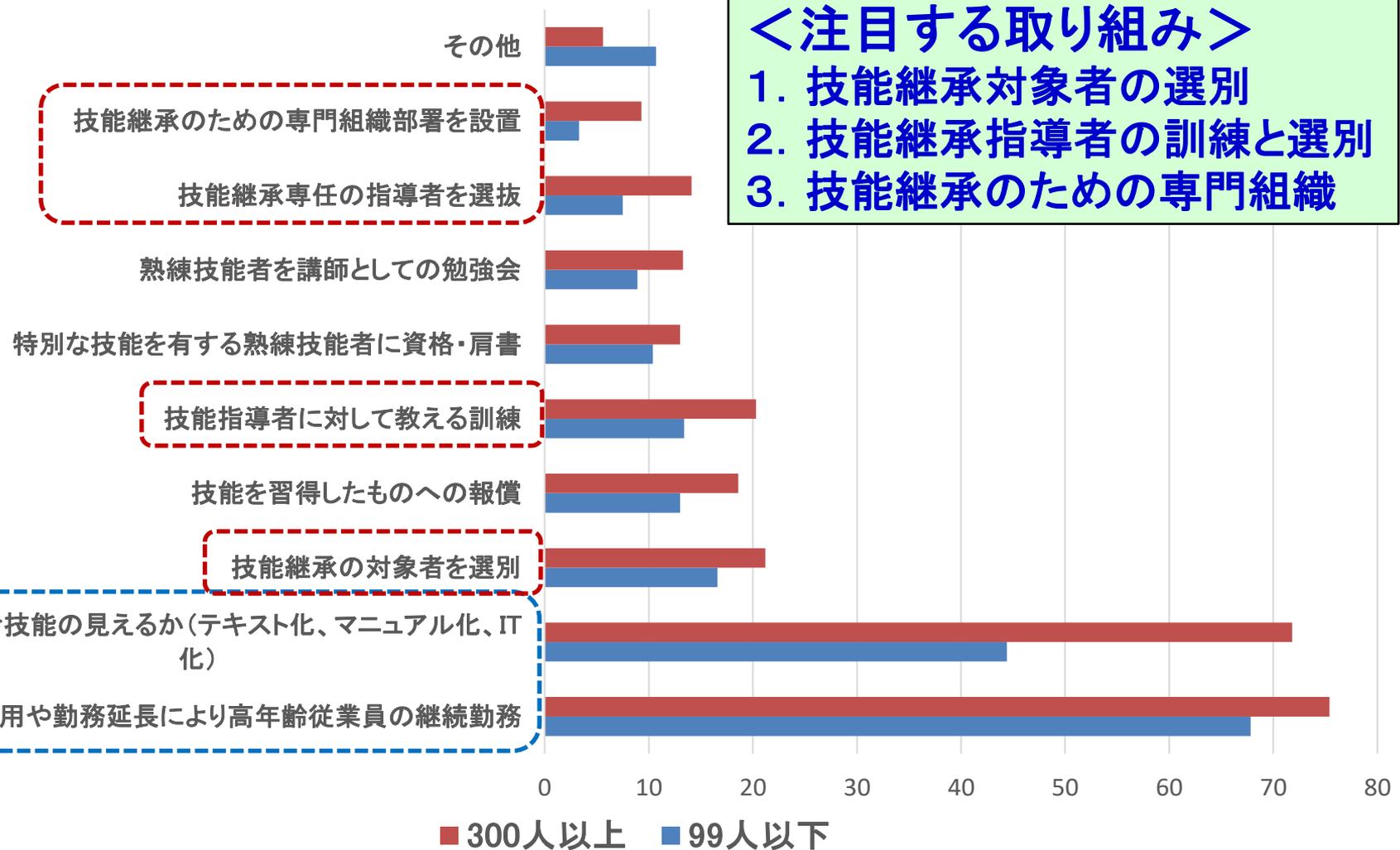


資料：JILPT「ものづくり産業における技能継承の現状と課題に関する調査」（2018年）

(3) 技能継承を進めるための取り組み

＜注目する取り組み＞

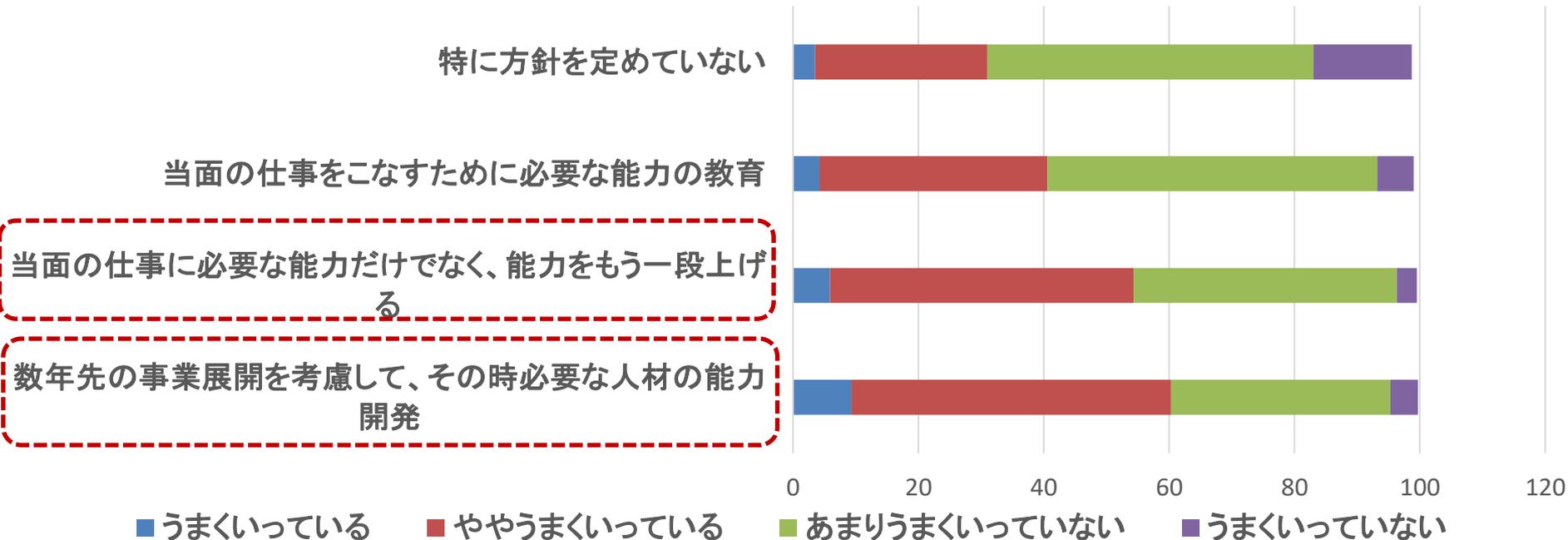
1. 技能継承対象者の選別
2. 技能継承指導者の訓練と選別
3. 技能継承のための専門組織



(4) 人材育成・能力開発方針と 技能継承に対する評価

技能継承がうまくいっている企業は、

1. 数年先の事業展開を考慮して、その時に必要な人材
2. 当面の仕事に必要な能力だけでなく、能力を一段上げる



JILPT「若手モノづくり人材の厳しさが技能継承の足かせに」(令和元年6月6日)

(5) まとめ

1. 技術・技能習得は、OJTが基本である。
しかし、今の製造現場は、技術・技能を習得機会が減った。
→ 限られた機会を活かすには、
技能継承を託す人材を選抜して優先的に経験を積ませる。
(一律育成から選抜育成へ)
2. 技術・技能の指導者は、
熟練技能者なら誰でもなれるわけではない。
指導者にも教えるための教育が必要になる。(指導者教育)
3. 将来、必要になる技術・技能 (コア技術)の継承のために、
人材育成計画を立てる。(人材育成のシステムづくり)

3. カーボンニュートラルと化学産業

(1) プラスチックリサイクルの現状

サーマルリサイクル(エネルギー回収)	: 62%
ケミカルリサイクル	: 4%
マテリアルリサイクル	: 21%

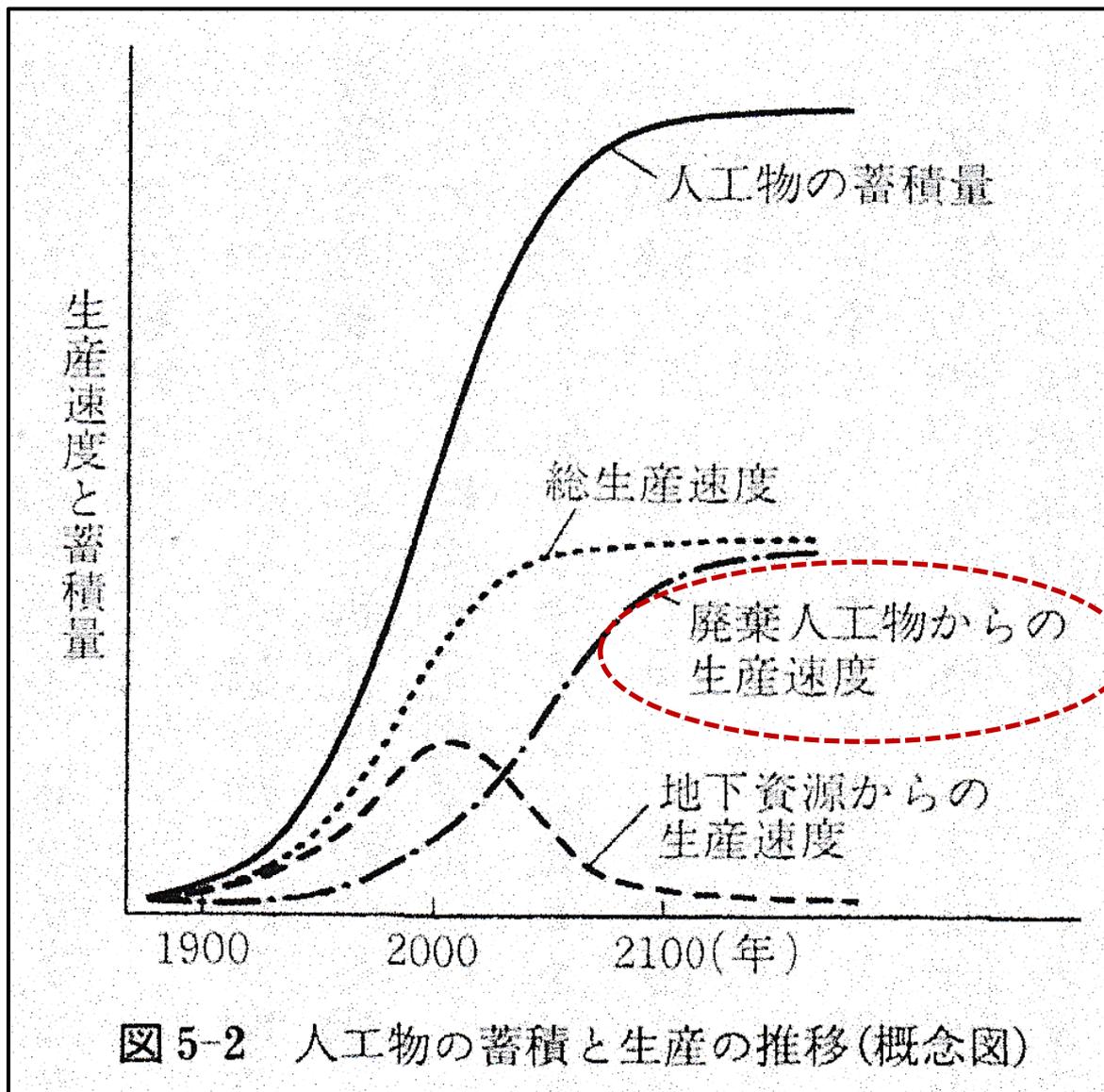
(2) 化学産業とカーボンニュートラル

出発原料は、これまでの石油・天然ガス・石炭から、プラスチックリサイクル品・植物原料に代わる。
これは、化学産業の構造転換、プロセス転換である。

(3) 新たな技術課題

- ① 炭素循環に必要なCO₂の分離・貯蔵技術(CCU)
- ② CO₂を出発原料とする合成技術(メタノール合成、触媒技術 等)
- ③ 水素、アンモニアを安全に貯蔵し、取り扱う技術
- ④ ライフサイクル全体を通じたエネルギー利用の極小化技術

21世紀は、人工廃棄物から生産する時代

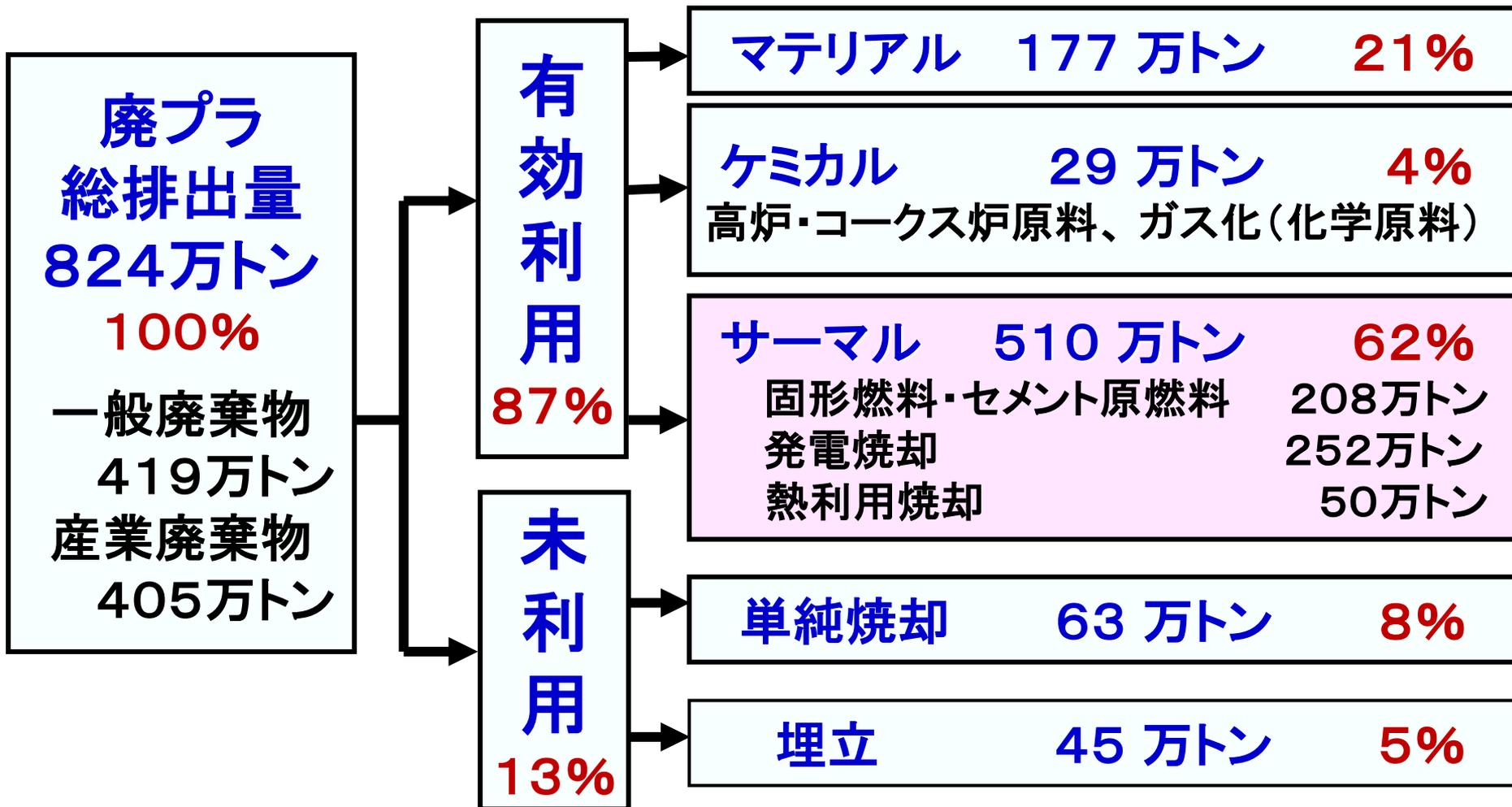


小宮山 宏:「地球持続の技術」、p114-115、岩波書店(1999年)

大量生産、大量消費型文明から脱却しなければならぬということがしばしばいわれる。しかし、この意味はよく考えてみる必要がある。なぜなら、地球上に住む六〇億もの人々の基本的な物質的需要を満たすためには、大量の物質を生産することは不可欠だからである。一方、持続性を脅かしているのは、資源の枯渇、特に石油に代表される化石資源の枯渇と、廃棄物の大量発生なのである。大量生産そのものではない。したがって、持続のために目指すべきは、資源の大量消費、製品の大量廃棄型文明からの脱却であるというべきであろう。資源量と環境容量が有限であるから生産は減少に向かうであるとか、人類の活動はすでに限界を越えつつあるのではないかという警告は貴重である。しかし、悲観する必要はない。解はあるのだ。

(1) プラスチックのリサイクルの現状

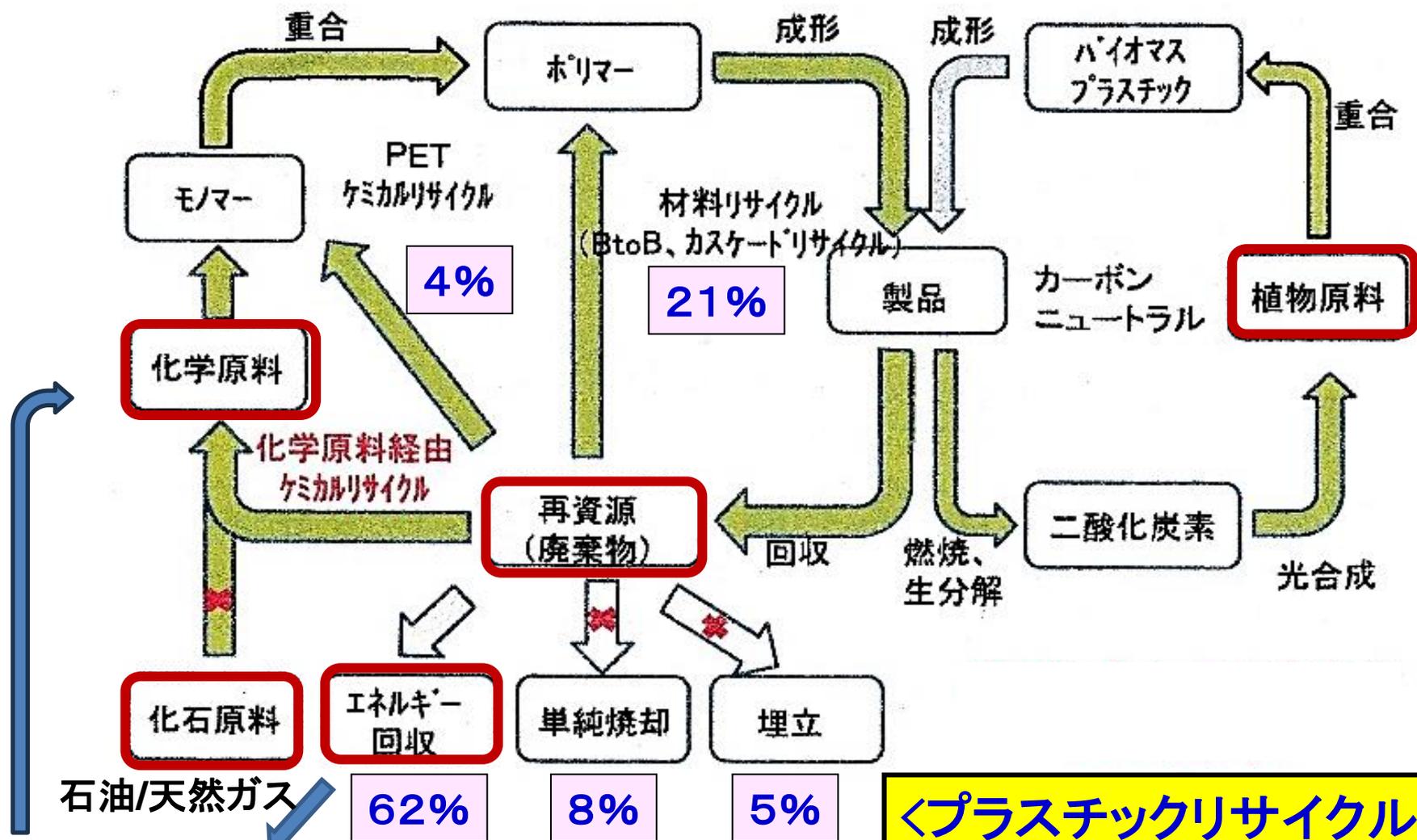
2021年度 プラスチック循環利用協会



(2) プラスチックリサイクルの現状

リサイクル方式		現状・課題
マテリアル	洗浄	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>単一素材で、樹脂の種類が明確なものが対象</u> <u>(異物混入により、プラスチック製品としての品質が劣化)</u> → リサイクル回数、再利用の用途に制限がかかっている。 → 大半の用途は、パレットや土木資材などに限られている。 ・使用済みプラスチックのリサイクルリル PETは高いが、PE, PP, PSのリサイクル率は高くない。
	破碎	
	成型	
ケミカル	モノマー化 (解重合)	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>解重合のために、大きなエネルギーが必要</u>。モノマー収率も課題 (PETのメカニカルリサイクルよりコスト高)
	油化 (化学原料化)	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>加熱用に大きなエネルギーが必要</u>、熱分解反応を制御し、必要な質の熱分解湯を製造することが技術的に困難。 ・<u>巨額の投資や事業規模を必要とする</u>。
	ガス化 (化学原料化)	<ul style="list-style-type: none"> ・実用化例が少ない ・設備費が大きく、技術的にもパイロットレベルが多い。
	ガス化 (高炉・コークス炉)	<ul style="list-style-type: none"> ・現状は製鉄業での利用が主である。(コークスの代替) ・<u>廃プラスチックの燃焼とほぼ同義</u>
サーマル	エネルギー回収	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却され、熱エネルギーを回収するが、再生材となっていない。 ・<u>プラスチックの燃焼によって生じる炭酸ガスを回収・貯蔵し、それを出発原料とする新たな技術開発(CCS,CCUS)が必須</u>。

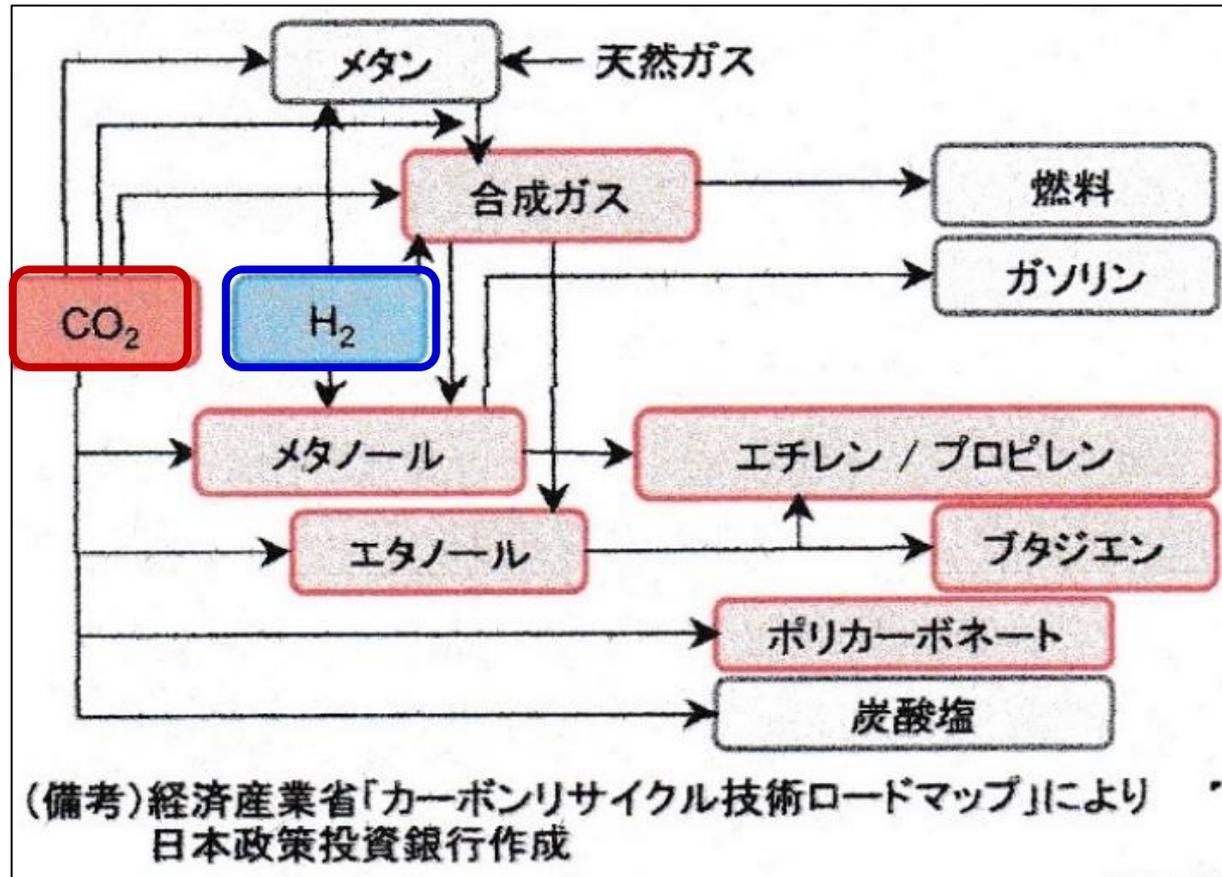
(3)カーボンニュートラルと化学産業



〈プラスチックリサイクル〉
エネルギー回収はCO2放出
→ CO2を回収し、利用する。

化学産業の環境変化と
これからの人材育成

(4) CO₂を出発原料とするプロセス開発



1. 炭酸ガスの吸収・貯蔵技術
2. 新たな合成技術、触媒技術
(CO₂からの化学品製造、アルコール類からの化学品製造)
3. 水素、アンモニアを使用

カーボンリサイクルプラスチック原料製造のアウトカム目標

アウトカム目標

- 2030, 2050年のCO₂削減量は、実証規模や導入規模（想定）から算出。
- 2050年の市場規模は、現在と同程度と想定。2030年実証規模は、2050年導入規模の3%程度。

	CO ₂ 削減係数 (kg-CO ₂ /kg)	2030年		2050年	
		実証規模 (万トン)	CO ₂ 削減量 (万トン)	導入規模 (万トン)	CO ₂ 削減量 (万トン)
ナフサ分解炉の高度化技術	0.8	-	-	680	544
廃プラ・廃ゴムからの化学品製造	廃プラ	4	13.2	100	330
	廃ゴム	10.2	33.7	100	330
CO ₂ 等からの化学品製造	DRC	0.3	0.4	50	65
	MDI	10	8.0	50	40
アルコール類からの化学品製造	グリーン水素	0.416	3.7	150	1335
	MTO	20	32.0	220	352
	ETO	10	16.0	100	160
国内のCO ₂ 削減量			107.0		3156
世界のCO ₂ 削減量			0.4億トン		11億トン
国内の経済効果			0.3兆円		10兆円
世界の経済効果			10兆円		360兆円

CO₂からプラスチック原料を製造する技術開発

研究開発項目		内容
1	ナフサ分解炉の高度化技術の開発	(i) アンモニア燃料のナフサ分解炉実用化 (ii) アンモニアバーナおよびアンモニアバーナに適したナフサ分解炉を開発 (数万トン規模の実証実験)
2	廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発	(i) 使用済タイヤ(廃ゴム)からの化学品製造技術の開発 (基礎化学原料を得るケミカルリサイクル) (ii) 炭素資源循環型の合成ゴム基幹化学品製造技術の開発 (エタノールや植物原料からタイヤ原料) (iii) 廃プラスチックを原料とするケミカルリサイクル技術の開発 (廃プラスチック合成ガスを原料にエタノール)
3	CO ₂ からの機能性化学品製造技術の開発	(i) CO ₂ を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発 (工場廃ガス中のCO ₂ からポリウレタン、ポリカーボネート) (ii) 多官能型環状カーボネート化合物の大量生産工程確立および用途開発
4	アルコール類からの化学品製造技術の開発	(i) 人工光合成型化学原料製造事業化開発 ・グリーン水素(人工光合成)からの化学原料製造 ・CO ₂ からの基礎化学品製造技術 (ii) CO ₂ 等を原料とする、アルコール類及びオレフィン類へのケミカルリサイクル技術の開発 ・エタノール、メタノールを原料とするC3以上のオレフィン

2022年2月 NEDO「グリーンイノベーション基金事業で、CO₂からプラスチック原料を製造する技術開発に着手」

(5) プラスチックリサイクルの課題

1. マテリアルリサイクル

再生材を使うメーカー側との品質擦り合わせが課題

→ 供給側と需要側でのすり合わせが必要

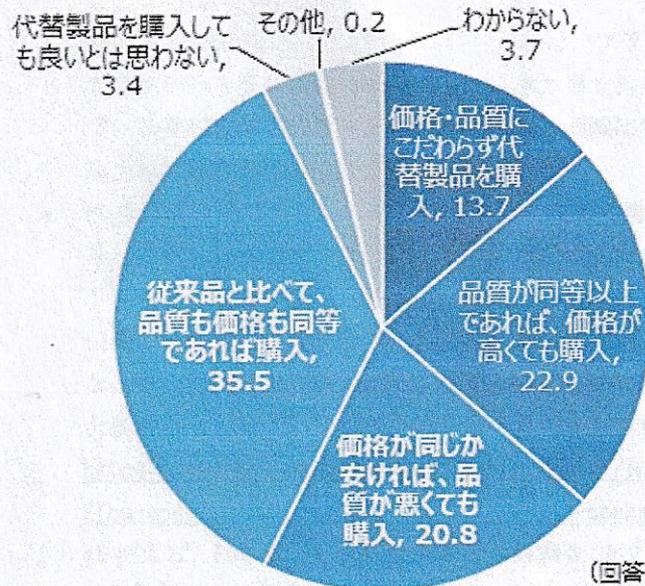
2. ケミカルリサイクル

再生材の方がバージン材よりもコストがかかるため、採用されにくい。

→ 消費者にも受容と負担が求められる。

(消費者は再生材価格が従来品と同じか安ければ使用)

図2. 再生材やバイオマスプラスチックなどを使用した製品の受容度



内閣府 2019年
環境問題に関する世論調査

4. 新たな技術開発における安全

1. これまでの災害から学ぶこと

(1) 化学プラントの重大事故からの教訓

- ・ALARPの原則
- ・COMAU（重大事故防止規則）
- ・地域社会に影響を及ぼさない。

(2) 福島原発事故の教訓

- ・小さな事故もすべてなくそうとした。→重大事故防止
- ・事故が起きてしまった後、被害の極小化

2. 開発段階でどこまでのリスクを想定できるか！

(1) Process Safety の観点で、重大事故防止に重点をおく。

(2) 各開発段階での安全性評価 参考 プロセス安全検討会

4. 1 化学プラント重大事故の教訓

1. 化学プラントの安全目標に影響を与えた二つの事故

- ① セベソ事故 ダイオキシンを広範囲に放出
→ セベソ指令、セベソⅡ指令、セベソⅢ指令
- ② ボパール事故 メチルイソシアネートガスの大量放出
→ Responsible Care 活動

二つの事故が、化学産業の安全目標に大きな影響を与えた。
いずれも、有害ガスを工場の敷地外に放出し、
多くの住民が疎開を余儀なくされた。(経済的影響、環境影響)

- (1) ALARPの原則(リスク耐用の枠組み)
- (2) COMAU(重大事故防止規則)
- (3) 緊急アクションレベル(OSHA)

(1) HSE(英国安全衛生庁)

1982年 セベソ指令

1988年 イギリス HSE(安全衛生庁)、EUのセベソ指令を受けて
「リスク耐容性の枠組み」を適用する方針を出す。

1996年 EU セベソ指令Ⅱ 重大事故の危険性防止

1999年 セベソⅡ 指令を受け、重大事故防止(COMAH)規則を制定

<リスク耐用の枠組み>

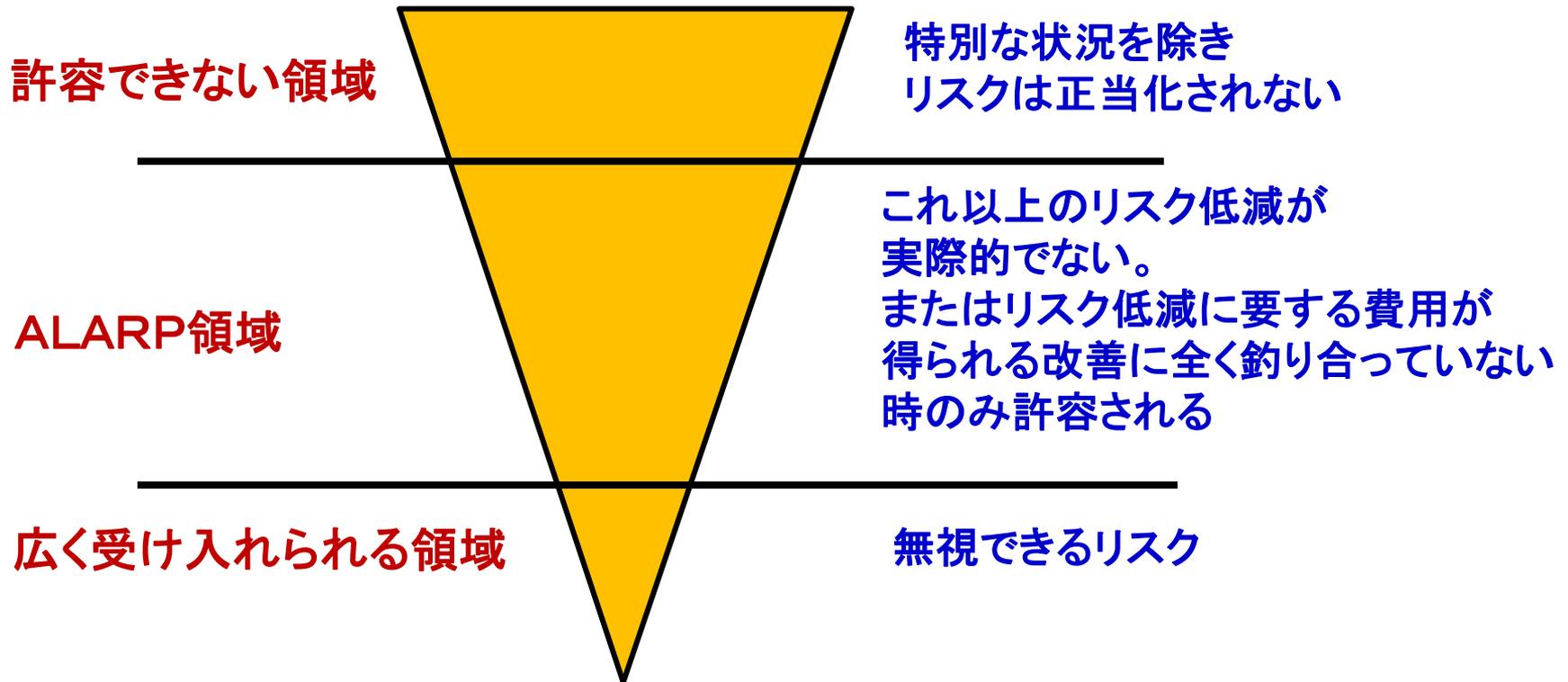
すべての事故を無くするには、無限の投資を必要とする。

安全は、「安全」か「危険」かの二分化ではなく、

安全と危険との間に「我慢できる (Tolerable) 領域」を設け、三つの領域で考える。

我慢できる領域の判断は、ALARPの原則に則って行われる。

ALARPの原則 (As Low as Reasonably Practicable)



- ・「ALARPの原則」は、
英国の「Edwards v National Coal Board [1949] 判例に、その考え方が示された。
- ・「ALARA」は、放射線量と放射線物質の放出量を最小限に抑えるという、
放射線安全利用における原則で、1997年に国際放射線防護委員会 (ICRP) が勧告。

(2) COMAH規則

Control of Major Accident Hazard Regulation

安全報告書

- ① 考えられる重大事故のシナリオについての説明とその発生確率
- ② 事業者自身が、「必要な全ての措置」が講じられていることを、HSEに証明
 - 重大事故の危険が確認されていること、
 - 重大事故を防止し、人と環境への影響を抑えるために、必要な措置を講じる。

ALARP原則に則って、リスクを合理的に実行可能な限り低く抑制する。
(ALARPの原則を守らずに、実施する場合は事業者の責任)

1.2.1 Safety Reports

In the UK, the Control of Major Accident Hazard Regulations (COMAH) implements this directive. (HMSO 1999) Regulation 4 of these regulations requires operators to “take all measures necessary (AMN) to prevent, control and mitigate major accidents”. (9, 18)

The Control of Major Accident Hazard Regulations 1999 (COMAH) (18) requires operators of qualifying establishments to submit a safety report, which demonstrates that all necessary measures have been taken to prevent major accidents, and to limit the consequences to people and the environment of any that do occur. The outcome of the risk assessment must enable the decision makers to identify any shortcomings in the existing or proposed preventive measures.

4. 2 福島原発事故から学ぶこと

1. 危険源を網羅的に上げることは、RAの必要条件である。

2009年7月 原子力安全・保安院 は、中越沖地震で、新たに活断層問題が提起されたことを受けて、福島第一原発・第二原発の耐震安全性を再評価し、「耐震安全性評価」OKと発表。

その時、津波、屋外重要土木構造物は、危険源としてリストアップされたが、リスク評価の対象とはならなかった。

2. 致命的な危害は、発生確率が小さくとも、対策を講じる。

リスク評価方式が掛け算方式では、致命的な事故を防ぐことができない。

→ リスクマトリックス法

足し算方式＝「危害の大きさ」＋「発生確率」

耐震性安全性評価

福島第一原子力発電所及び
福島第二原子力発電所の
耐震安全性について

平成21年7月
原子力安全・保安院

バックチェックの方法(耐震安全性評価)

基準地震動 S_s を策定し、下記の施設等の耐震安全性評価を実施。

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
(原子炉建屋)

安全上重要な機器・配管系の
耐震安全性評価

地震随件事象に対する考慮
(周辺斜面、津波)

原子炉建屋基礎地盤
の耐震安定性評価

屋外重要土木構造物
の耐震安全性評価

基準地震動 S_s

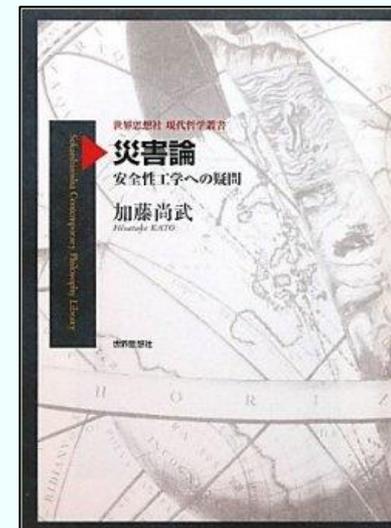
解放基盤表面

今回は で囲った設備のうち重要なものについて評価

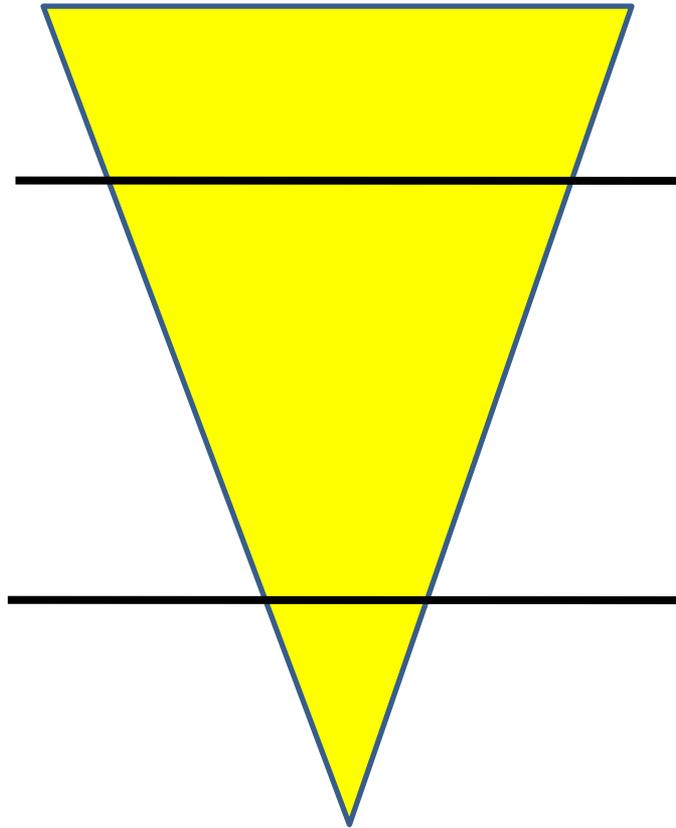
災害論 —安全性工学への疑問—

加藤尚武 京都大学名誉教授

1. 「理論上のリスク・ゼロはあり得ないが、非常に低い事故の発生確率になるよう設計条件が整えられているので、事実上のリスクゼロを達成できる」と信じていた。
2. 「確率論的安全評価」(Probabilistic Safety Assessment)システムという最高度の合理的予測、安全技術の基本概念そのものに、事故の原因となるものを見出すことができる。
3. 「異常な危険」(abnormal danger)には、無過失責任を適用するという法律論には、過度の損失はそれを反復すると人間の生活が成り立たなくなるので、「事実上リスクゼロ」にきなさいという含意である。
4. 原子力発電所の安全の設計原理(PSA)の中には、確率の基礎概念として「期待値」が使われている。
「期待値」は、「低い確率で大きな損害＝高い確率で小さな損害」という等式に基づいているから、
「異常な危険は、事実上リスク・ゼロにせよ」を吸収できない。
5. 無過失責任の原理には、
「低い確率で大きな損害 ≠ 高い確率で小さな損害」
という前提があるからである。



4. 3 「工学システムの安全目標」



基準 A

工学システムが如何に社会に対して有効な機能を有していても、最低限満足すべき目標

基準 B

満足すれば無条件で許容できる
更なる改善を必要としない

1. 基準A : 社会との合意によって決まる。
2. 基準B : 関係者間の合意
3. 基準Aと基準Bとの間の領域は、ALARPの原則に則って判断

(1) 社会に及ぼす影響をどのように考えるか？

<米国労働安全衛生庁(OSHA)の緊急アクションレベル>

EAL	危機の大きさと影響範囲
レベル 1 警戒レベル (Alert)	限定された火災、爆発など災害で自社の組織で防災可能なレベル
レベル 2 自社内緊急事態 (Site emergency)	自社の隣接地域にも影響を与える火災、爆発、有害物の漏洩などの切迫した災害であるが、地域社会にまで及ぶことのないレベル。地域社会の消防、警察、医療機関などの支援が必要な危機レベル
レベル 3 緊急事態 (General emergency)	最大の危機的事態の発生であり、災害が地域社会に及ぶ危機レベル

→ 地域社会に影響を及ぼさないようにする。

(2) 基準Aを満たすために

致命的な事故は、発生確率がゼロでない以上、起こり得る。
事故が起きれば、社会に致命的な被害をもたらす。

1. 設計段階からの本質的安全化

危険物保有量を少なくする設計

2. (対策を講じても)

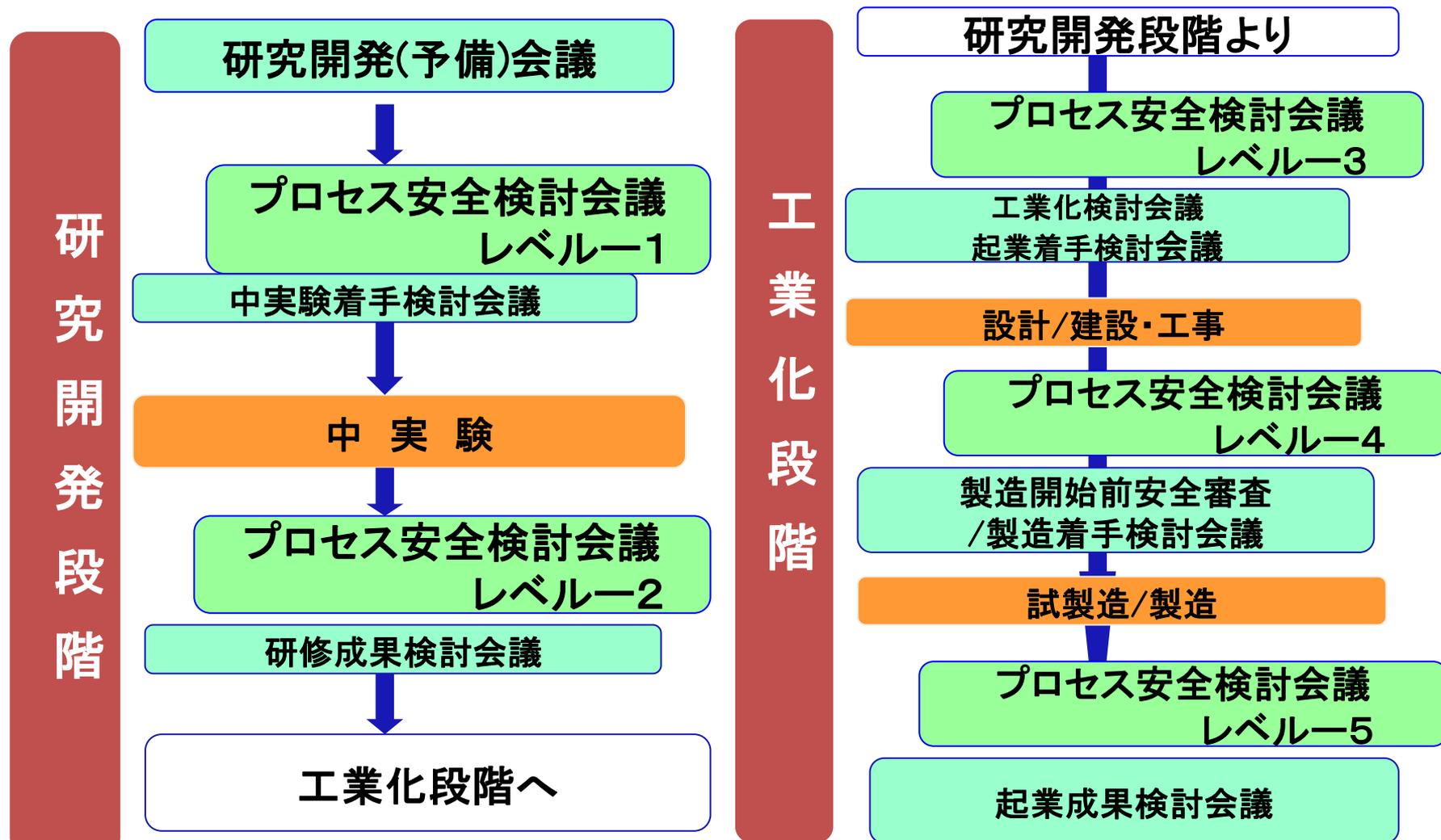
重大事故が起きてしまうことを想定した防御策

- ① リスクアセスメント実施後のフォローとCHECK
- ② 物理的防御策
安全弁を設置し、安全弁から放出するガスの無害化
- ③ 地域と連携した防御対策

プラントの防御階層

階層		具体例
第1層	プロセス設計	プロセスの本質安全化（危険物滞留量の最小化）
第2層	基本プロセス制御システム	DCS等による通常運転時のプラント監視 プロセス値が、設定値から逸脱すれば警報を発する
第3層	警報処置	運転員によるプラント停止 運転員が介入する時間的余裕がある場合
第4層	自動安全計装システム	計装によるプロセス安全システムや緊急停止措置 運転員が介入する時間的余裕がない場合、システムが自動的にプラントを停止
第5層	物理的防護(1)	安全弁(圧力逃し弁など)による圧力防御システム
第6層	物理的防護(2)	液漏洩を局所化
第7層	緊急対応計画	事業所内の緊急時対応
第8層	地域防災計画	地域住民・公共施設における緊急時対応

住友化学(株)における 研究開発及び工業化段階における安全CHECK



5. 日本と欧米との安全の考え方

(1) 日本と欧米との災害発生率の比較

日本の災害発生率は、休業4日以上の災害発生率は低い。
しかし、死亡災害発生率は、欧米と同等

(2) 日本と欧米との事故の原因に対する考え方

日本は、災害の原因は「人」と考える。
欧米は、「技術」が原因と考える。

(3) 考え方の違いの根底にあること

日本は、明治以降、導入技術を基に発展してきた。
導入技術は、開発段階や運転初期のトラブルは解消されている。
→ しっかりと注意し、教育訓練すれば事故は起きない。

<課題>

この考え方では、これからの新たな技術開発には通用しない。

(1) 日本と欧米との災害発生率の比較

	死亡災害率	休業4日以上の災害率
日本	2.1	2.4
アメリカ	2.3	44.0
EU平均	2.5	30.1
イギリス	1.3	11.4
スウェーデン	1.5	10.9
オランダ	1.7	28.3
ドイツ	2.1	32.8
フランス	3.4	40.2
スペイン	3.5	55.3

- ・死亡災害率 1年間に労働者10万人当たりの死亡者数
- ・休業4日以上の災害率 1年間に労働者千人当たりの休業4日以上の死傷者数

中央労働災害防止協会「海外の労働安全衛生統計－EU域内、日米労働災害比較(2005)
https://www.jisha.or.jp/international/statistics/200807_04.html

(2) ハインリッヒは、二つのことを提言

<ハインリッヒの法則>

同じ状況にあっても、事故は、重症:軽傷:無災害事故=1:29:300の比率で発生。

1. 安全担当者は、重大な事故が、
小さな事故の副産物として起きていると信じて、
小さな事故の頻度を減少させることに取り組んできた。
(1:29:300の法則)

→ ヒヤリハット活動

2. データを調べると、
災害頻度を増す原因と強度を増す原因とは
異なったものである。
重傷の発生を抑制しようとするならば、
それを発生するところを予見しなければならない。

→ 設計段階からの重大事故防止



ハインリッヒ産業災害防止論
H.W.ハインリッヒ[他]著；
総合安全工学研究所訳
海文堂出版, 1982.4

災害の形式	一時全労働不能%	永久一部労働不能%	永久全労働不能%
運搬物	24.3	20.9	5.6
転落	18.1	16.2	15.9
落下物	10.4	8.4	18.1
機械	11.9	25.0	9.1
乗物	8.5	8.4	23.0
手工具	8.1	7.8	1.1
電気	3.5	2.5	13.4
その他	15.2	10.8	13.8

図2-20 災害の様式と強度

- ・ 図2-20に示された全米の数値を見ると、重傷の原因と軽傷の原因とは異なっていることを示している。重い災害を発生する環境は軽い災害を発生する環境とはおそらく異なるであろう。
- ・ 運搬災害は一時全労働不能傷害の25%、永久一部労働不能生涯の21%を占めているが、永久全労働不能傷害と死亡は、全体の6%でしかない。
- ・ 電気災害は永久労働不能傷害の13%を占めるが、その他は無視できるほど小さい。
- ・ 災害の頻度を増す原因と強度を増す原因が同じであれば、このように異なった比率が出現することはありません。これは二つの原因が異なったものであることを示している。
したがって、重傷の発生を抑制しようとするならば、それを発生するところを予見しなくてはならない。
- ・ 統計を見ると、度数率を減らすことによって、強度率を減らそうとした場合は、部分的にしか成功していない。

(3) 日本と欧米の安全に関する考え方の違い

日本の考え方	欧米の考え方
・災害は努力すれば、二度と起こらないようにできる。	・災害は努力しても、技術レベルに応じて必ず起きる。
・ 災害の主原因は、人である。	・ 災害防止は、技術的問題である。
・ 管理体制を作り、人の教育訓練をし、規制強化により、安全を確保できる。	・ 人は必ず間違いを犯すものであるから、技術力向上なしに安全は確保できない。
・安全衛生法で規制 災害が発生するたびに規制を強化	・事故が起こっても、重大災害に至らない 技術対策
・安全は、基本的にタダである。	・安全は、基本的にコストが掛かる。
・ 安全コストを認めにくい。	・ 安全にはコストをかける。
・最低限のコストで対応し災害対策の技術的深耕をしなかった。	・危険源を洗い出し、リスクを評価し、コストをかけ、災害の低減化努力をする。
・見つけた危険をなくす技術 (危険検出型技術)	・論理的に安全を立証する技術 (安全確認型技術)
・ 度数率(発生件数)の重視	・ 強度率(重大災害)の重視

向殿政男 「国際化時代の機械システム安全技術 p79 (日刊工業新聞社)2000年

(4) 根底にある考え方

	日本	欧米
1. 基本的考え方	<ul style="list-style-type: none">・ 運転員は優秀である。<ul style="list-style-type: none">→ 設計条件は概略条件で、製造現場に「裁量」を認め、製造現場で条件を確立する。→ 不良品発生「ゼロ」を目指し、現場で「作り込む」。・ 人間が注意し、ルール順守の徹底により、事故ゼロを目指す。	<ul style="list-style-type: none">・ 運転員は信頼できない。<ul style="list-style-type: none">→ 優れた人(技術者)が、設備仕様、運転条件を決め、現場は、その設定通りに運転。→ 不良品が発生すれば、設計側の責任である。検査で、不良品を取り除く。・ 設計段階で、重大事故防止に重点を置く。
2. 技術開発経緯	<ul style="list-style-type: none">・ 欧米からの導入技術を基に、生産体制を確立。・ 工業化実績ある技術は、開発段階、運転初期段階のトラブルは解消されている。<ul style="list-style-type: none">→ しっかり注意して運転すれば事故は起きない。	<ul style="list-style-type: none">・ 自らが技術開発した成果を工業化する。・ 開発過程、運転初期で起きる事故は、技術的問題である。<ul style="list-style-type: none">→ リスクは技術力で解決。

(5)まとめ

1. 日本と欧米との考え方の違い

(1)安全目標の考え方

日本:事故のないこと、 欧米:「許容できないリスクのないこと」

(2)安全に対する考え方

日本:しっかりと注意すれば、事故は起きない。

事故の原因はヒューマンエラー

→ 規則・手順を決めて、しっかりと教育・管理する。

欧米: **事故は技術的原因で起きる。人間はミスをし、機械は壊れる。**

→ 全ての事故は防げない。(リスク耐用の枠組み:ALARPの原則)

設計段階から、重大事故防止に重点を置いてマネジメント

(3)背景にあること

導入技術は、開発段階や運転初期のトラブルが、概ね、解消されている。

この技術開発経験の違いが、欧米との安全の考え方の違いになっている。

2. 問われていること

これからは、新たな技術を開発して生きていく。

日本の安全管理に、欧米マネジメントの良い点を取り入れていく。

6. これからの人材育成

これまでの日本は製造現場の強さに基づく「ボトムアップ」の安全マネジメントであったが、
これからはトップの強いリーダーシップが必要になる。

人材育成は二つのポイントがある。

一つ目は、人材育成をシステム的に取り組む。

自社のコア技術に基づいて、

それを継承する人材を選抜して育成し、キャリアパスとする。

二つ目は、設計段階のウエイトが高くなる。

重大事故防止に重点を置いて安全マネジメントを行う。

そのためには、設計に携わる人材は、

研究開発と製造現場、安全実務を経験する必要がある。

日本の生き残りは、「開発力」+「現場力」である。