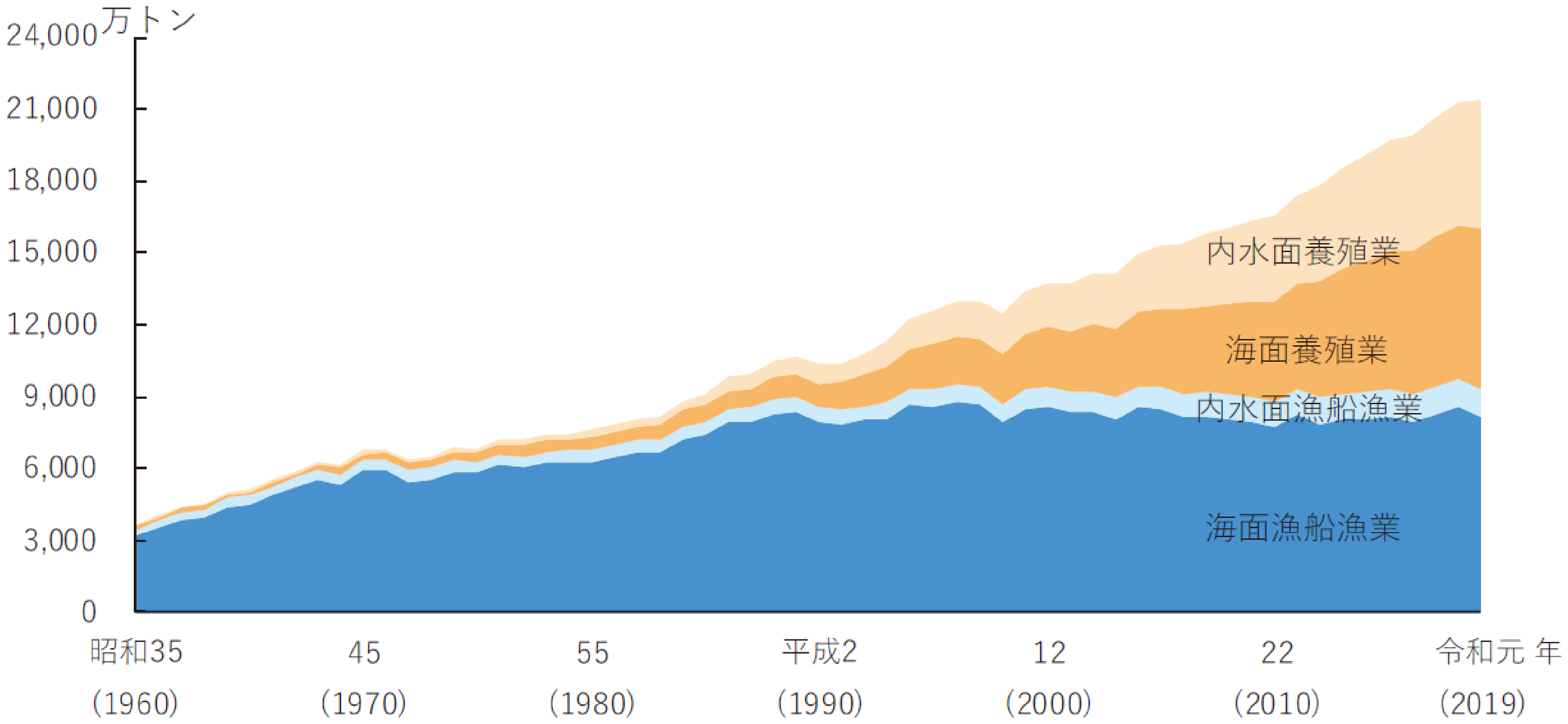
# 持続可能な次世代養殖システムの開発
# ～サバを中心に～

## 趣旨と全体説明

中山一郎
水産研究・教育機構理事長
東京大学生産技術研究所リサーチフェロー

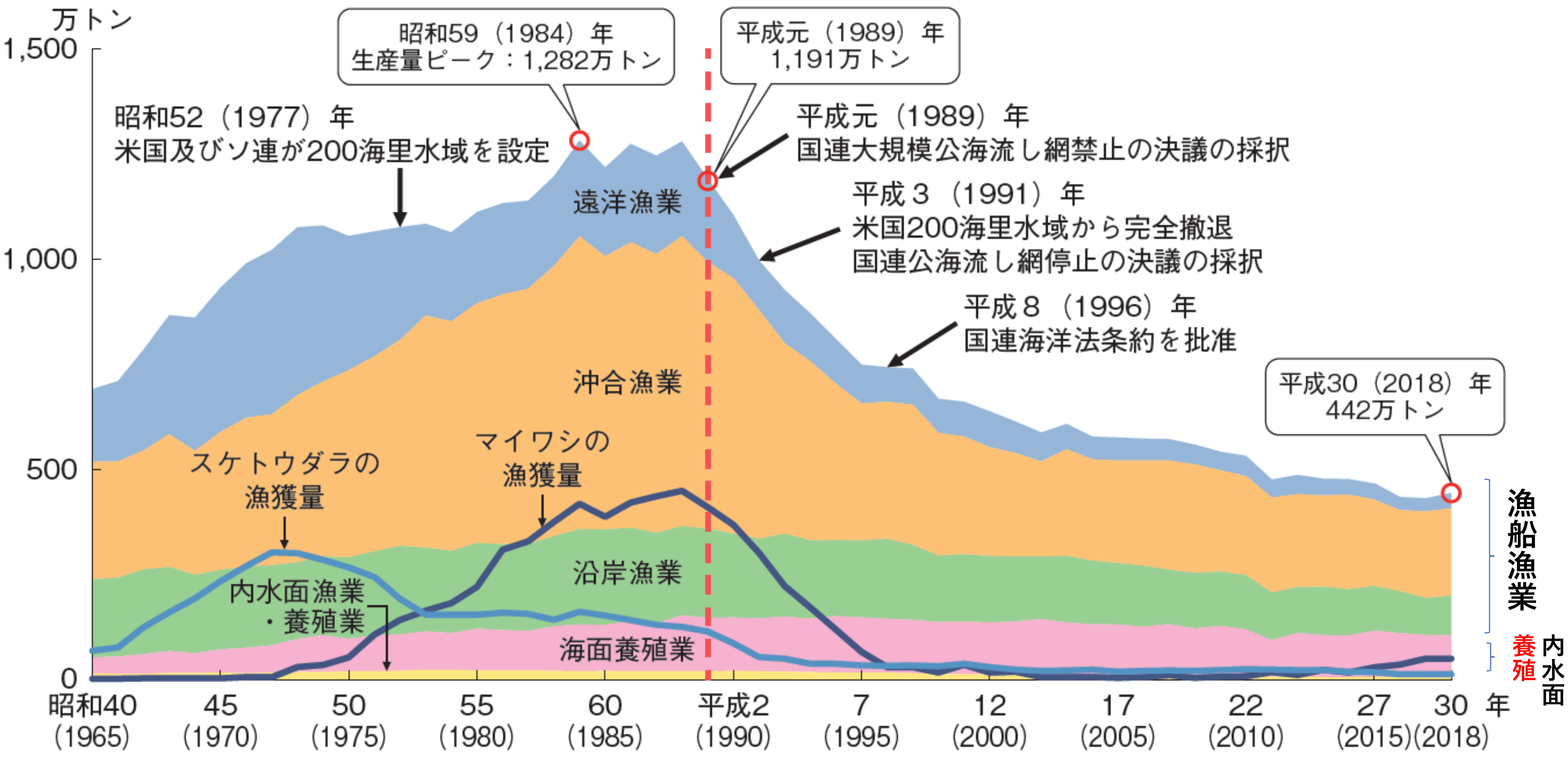
図表特-1-3 世界の漁業・養殖業生産量の推移




資料：FAO「Fishstat（Capture Production、Aquaculture Production)」（日本以外の国）及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」（日本）に基づき水産庁で作成

出展：水産白書

## 図特－1－1　我が国漁業生産量の推移及び漁業を取り巻く状況の変化



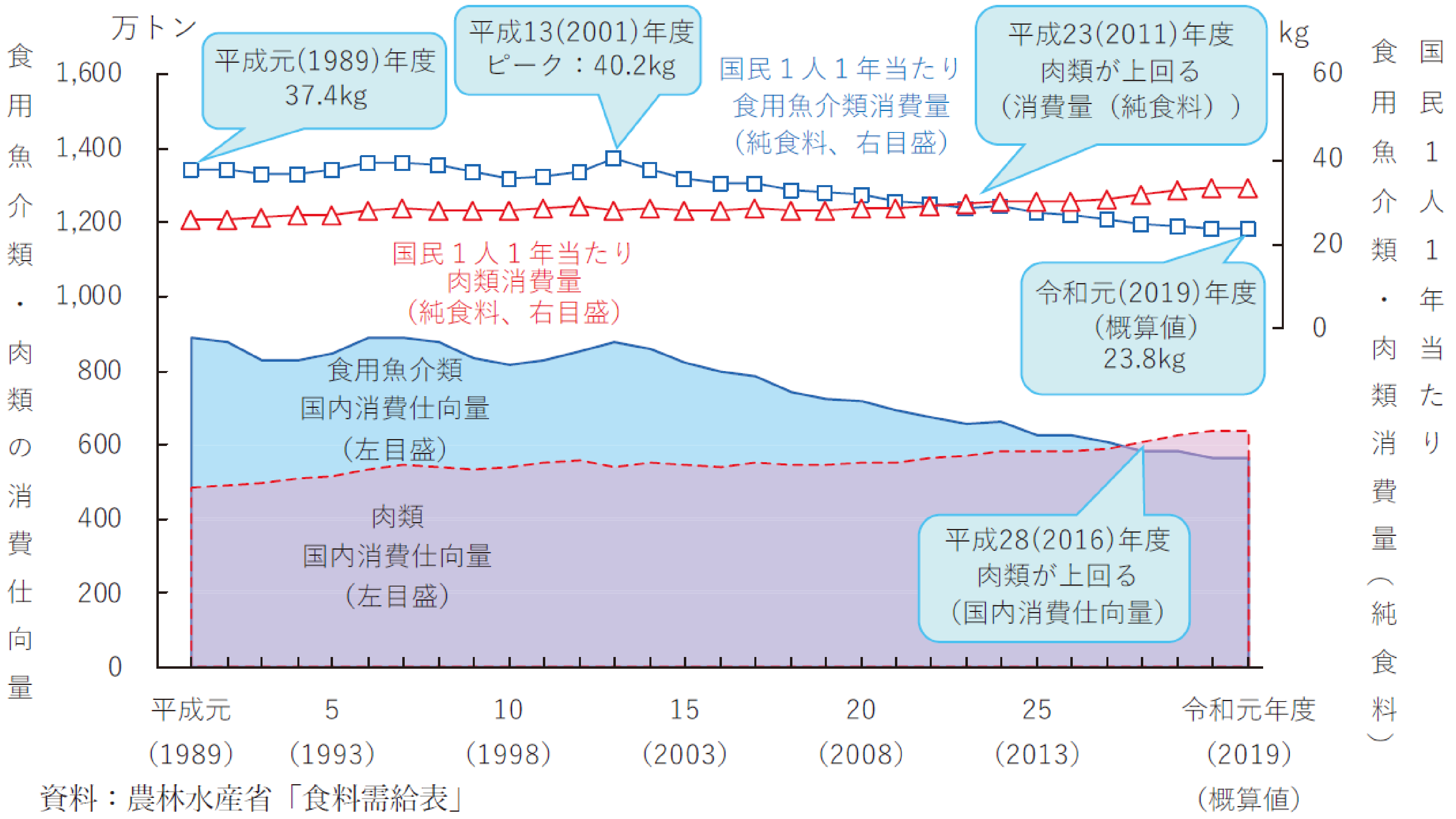

資料：農林水産省「漁業・養殖業生産統計」
注：漁業・養殖業生産量の内訳である「遠洋漁業」、「沖合漁業」及び「沿岸漁業」は、平成19（2007）年から漁船のトン数階層別の漁獲量の調査を実施しないこととしたため、平成19（2007）～22（2010）年までの数値は推計値であり、平成23（2011）年以降の調査については「遠洋漁業」、「沖合漁業」及び「沿岸漁業」に属する漁業種類ごとの漁獲量を積み上げたものである。

生産量

出展：水産白書

# 畜肉と水産物

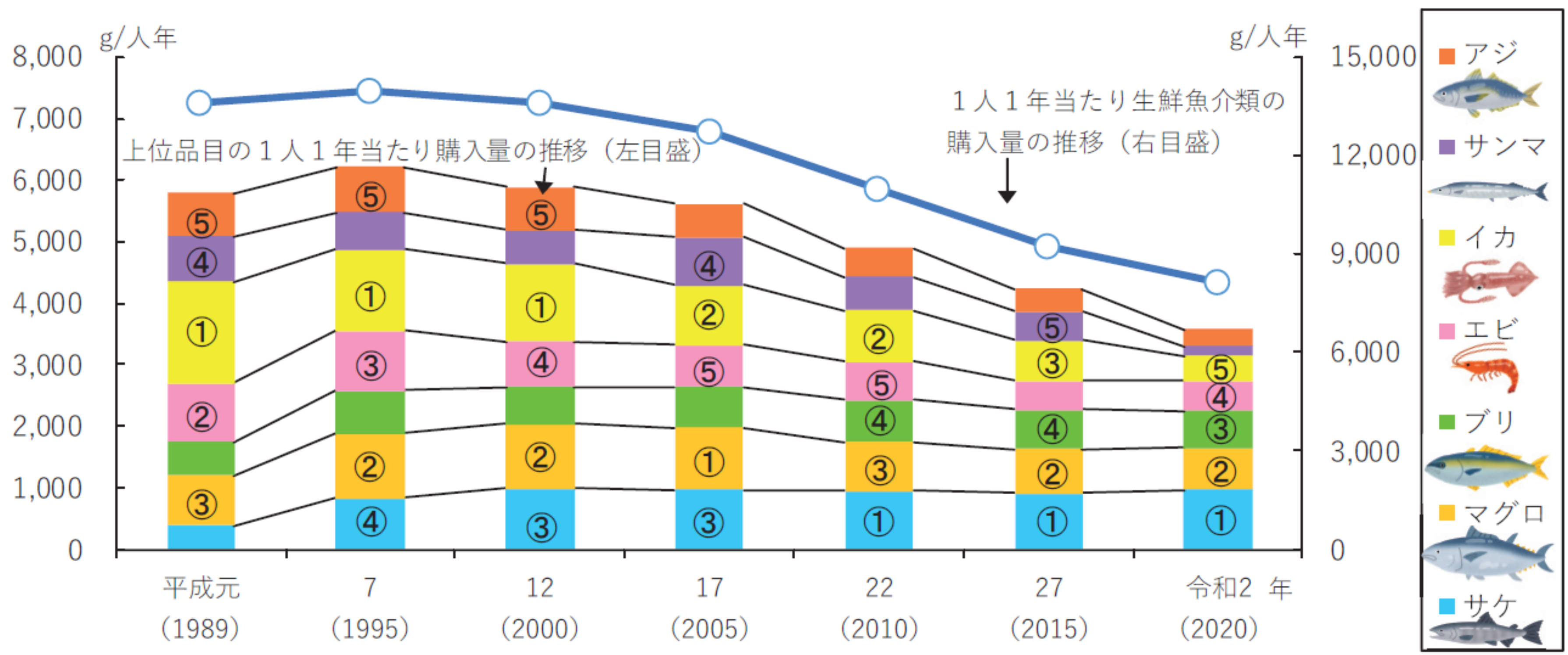
## 図表特-1-5 食用魚介類の国内消費仕向量及び１人１年当たり消費量の変化




資料：農林水産省「食料需給表」

出展：水産白書

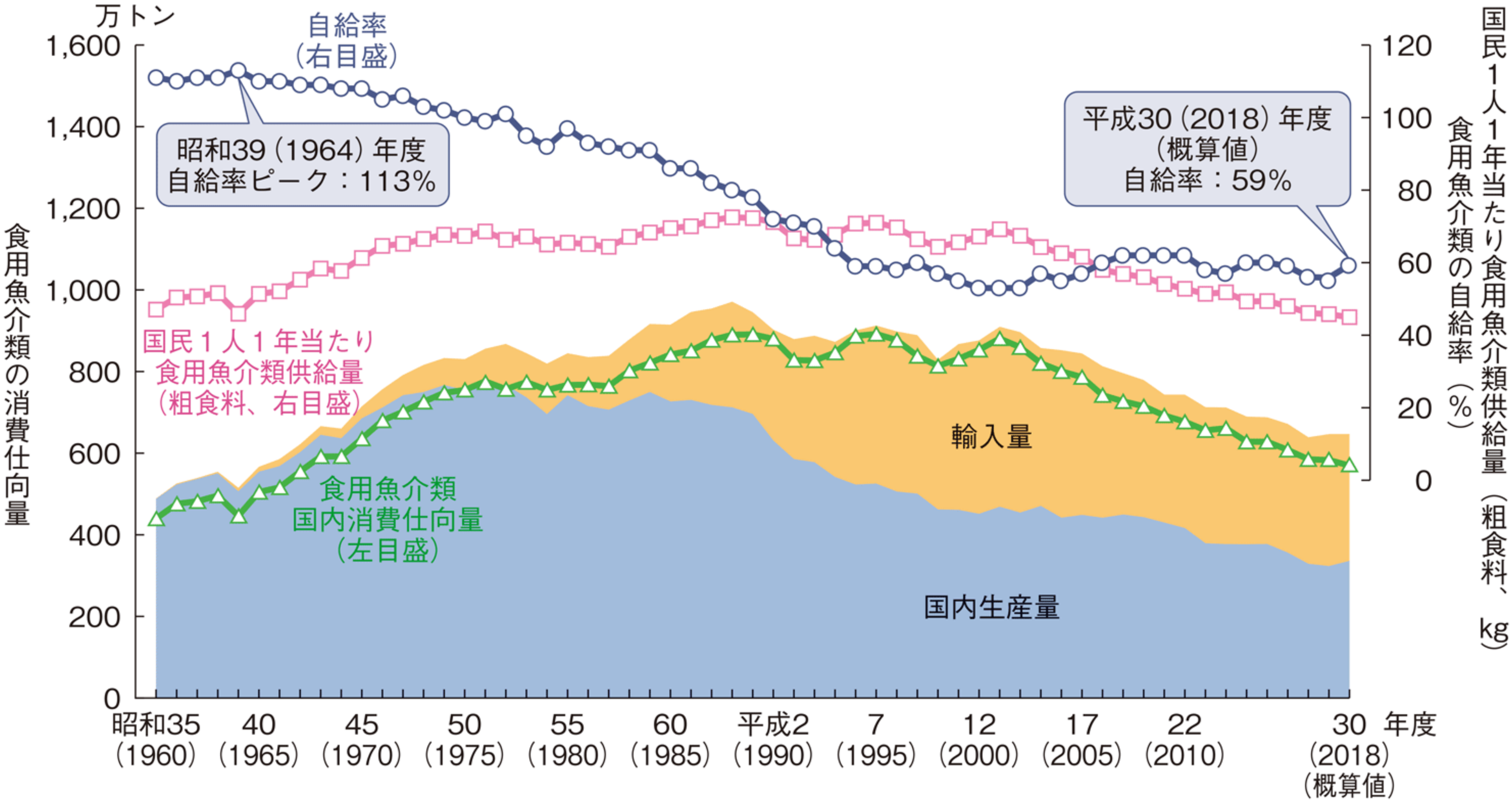
## 図表 1-3 生鮮魚介類の１人１年当たり購入量及びその上位品目の購入量の変化




資料：総務省「家計調査」に基づき水産庁で作成
注：1）対象は二人以上の世帯（平成 11（1999）年以前は、農林漁家世帯を除く。）。
2）グラフ内の数字は各年における購入量の上位５位までを示している。

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| イカ | イカ | イカ | マグロ | サケ | サケ | サケ |
| エビ | マグロ | マグロ | イカ | イカ | マグロ | マグロ |
| マグロ | エビ | サケ | サケ | マグロ | イカ | ブリ |
| サンマ | サケ | エビ | サンマ | ブリ | ブリ | エビ |
| アジ | アジ | アジ | エビ | エビ | エビ | イカ |

出展：水産白書




**消費量だけで無く、自給率もピークから下がっている**

出展：水産白書

日本人の魚の好みは年によって変化

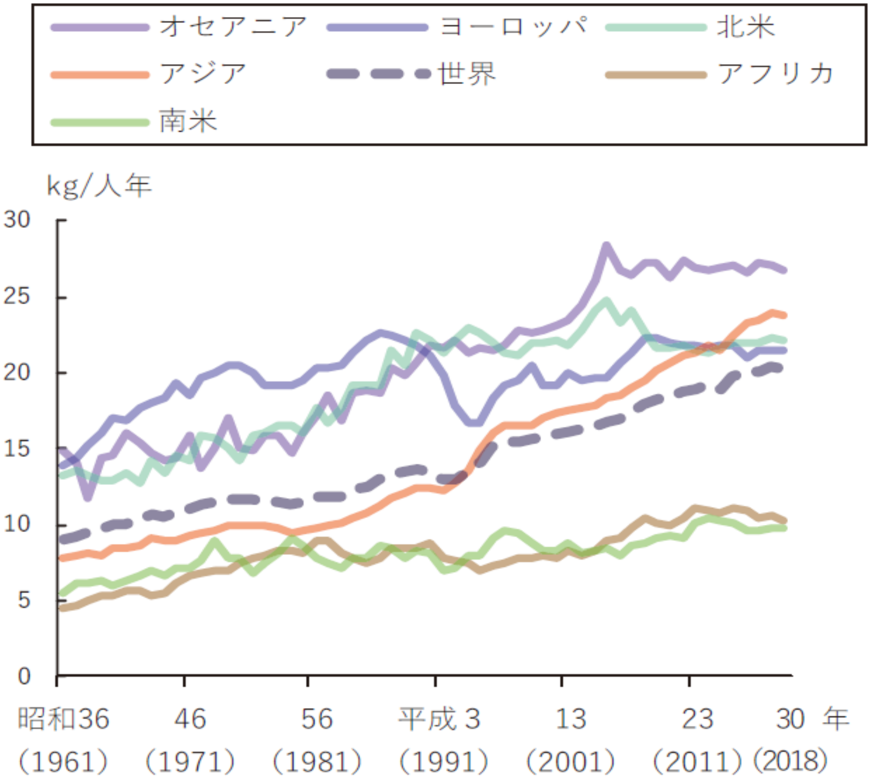
魚食文化が危ない

魚の消費が減少　日本人も肉食へ

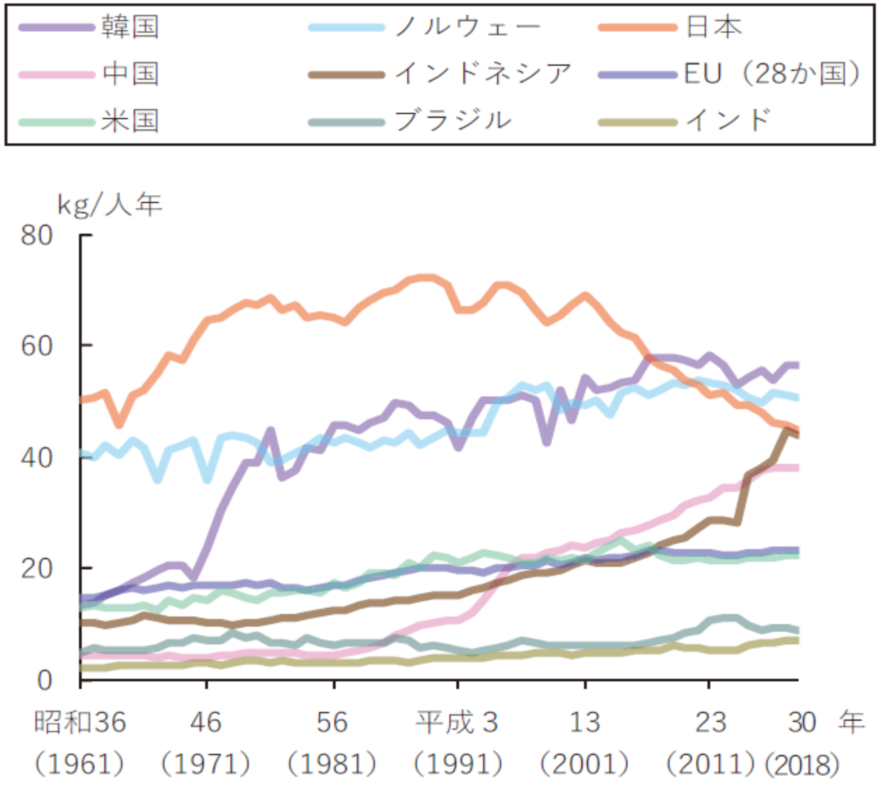
世界ではどうか？

## 図表特-1-1 世界の１人１年当たり食用魚介類消費量の推移（粗食料ベース）

〈地域別〉




〈主要国・地域〉



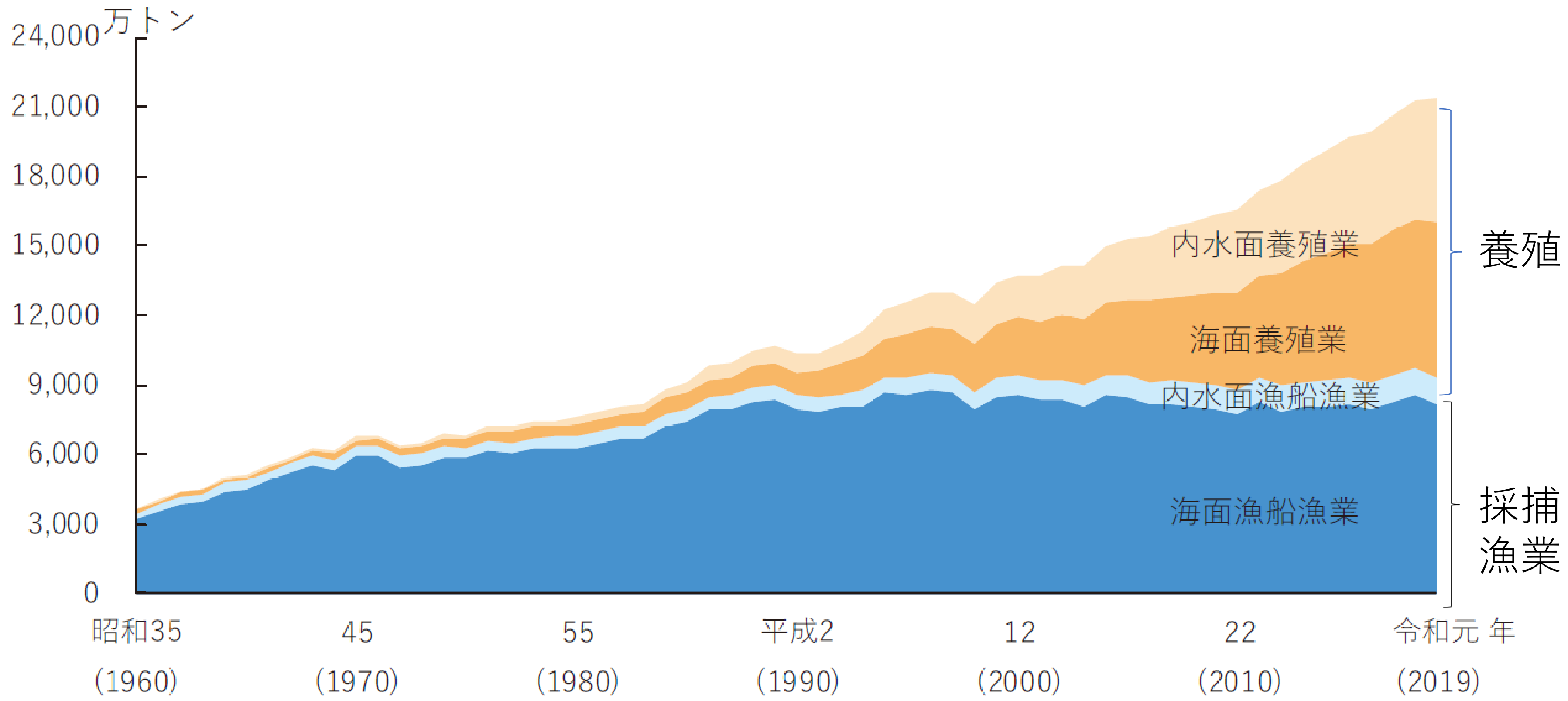

資料：FAO「FAOSTAT（Food Balance Sheets）」（日本以外の国）及び農林水産省「食料需給表」（日本）
注：粗食料とは、廃棄される部分も含んだ食用魚介類の数量。

**世界での水産物消費は急速に伸びている　60年間で約7倍！**

出展：水産白書

# 世界の水産物の需要をみたす供給は？

図表特-1-3 世界の漁業・養殖業生産量の推移




資料：FAO「Fishstat（Capture Production、Aquaculture Production)」（日本以外の国）及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」（日本）に基づき水産庁で作成

出展：水産白書

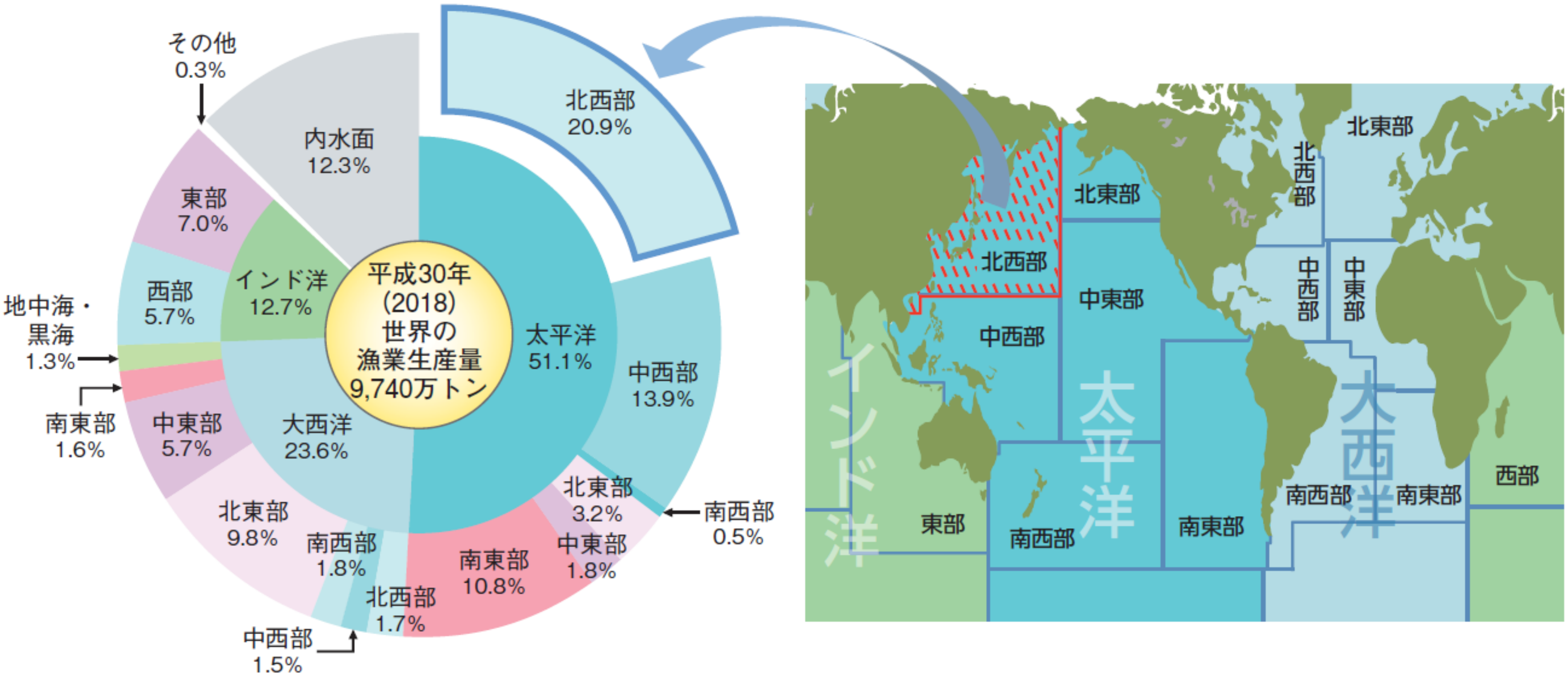
世界では水産物消費がすごい勢いで伸びている
日本は停滞

その供給源は「養殖」
農業・畜産の歴史をたどっている

図Ⅰ－2－2　好漁場を形成する我が国周辺の海流

出展：水産白書

## 図1－1　世界の主な漁場と漁獲量




資料：FAO「Fishstat（Capture Production）」

出展：水産白書

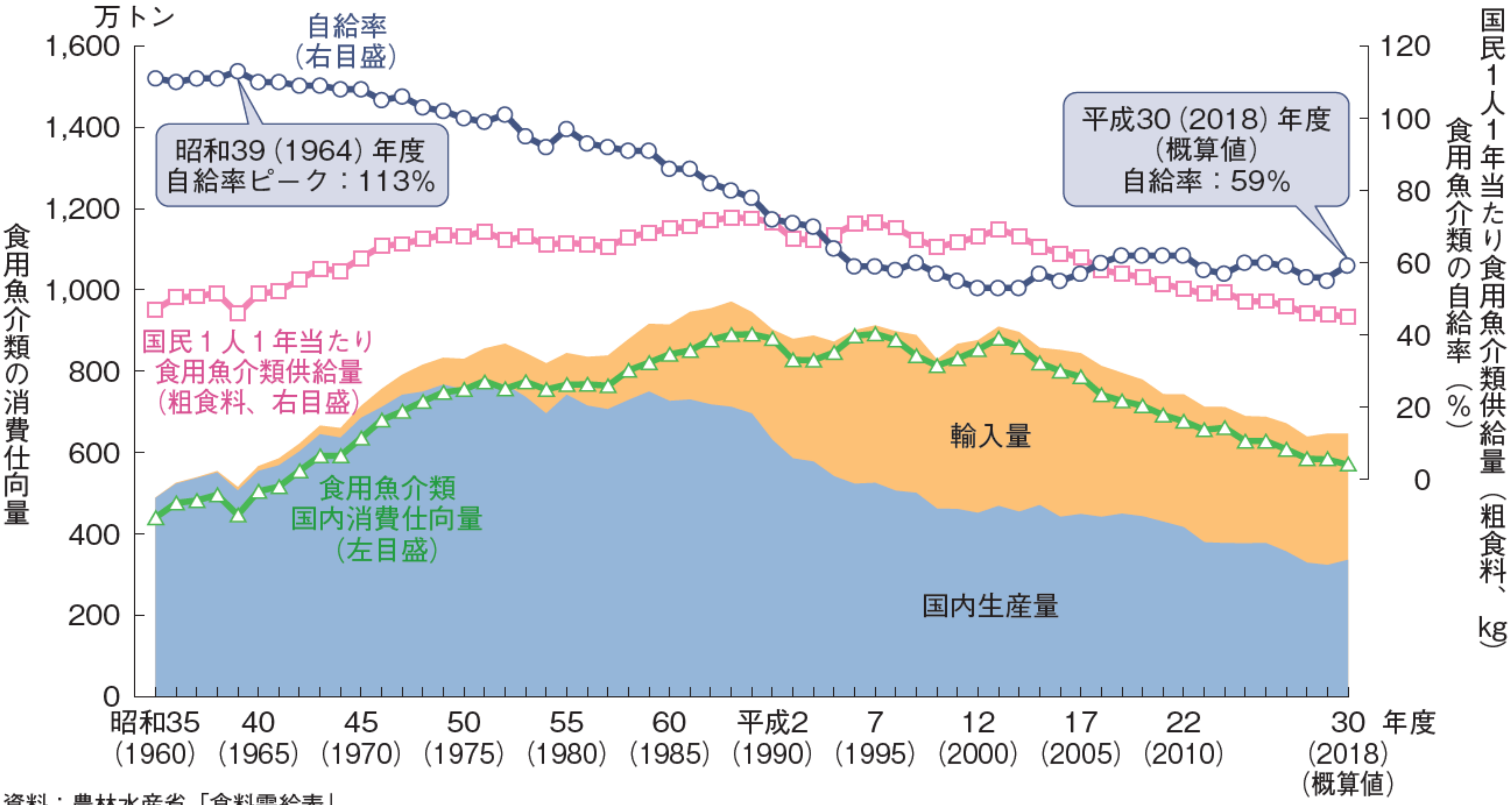
# 日本の排他的経済水域

出展：
海上保安庁

| | | |
|---|---|---|
| 国土面積 | 約38万$km^2$ | 62位 |
| 領海（含：内水） | 約43万$km^2$ | |
| 接続水域 | 約32万$km^2$ | |
| 排他的経済水域（含：接続水域） | 約405万$km^2$ | |
| 延長大陸棚※ | 約18万$km^2$ | |
| 領海（含：内水）＋排他的経済水域（含：接続水域） | 約447万$km^2$ | |
| 領海（含：内水）＋排他的経済水域（含：接続水域）＋延長大陸棚※ | 約465万$km^2$ | 6位 |

出展：海上保安庁

## 図4－2　食用魚介類の自給率の推移




資料：農林水産省「食料需給表」
注：自給率（%）＝（国内生産量÷国内消費仕向量）×100
国内消費仕向量＝国内生産量＋輸入量－輸出量±在庫増減量

**水産物の自給率**　　**輸入分1兆7000億円の市場**

出展：水産白書

世界は水産養殖へ急速に展開　60年間で7倍

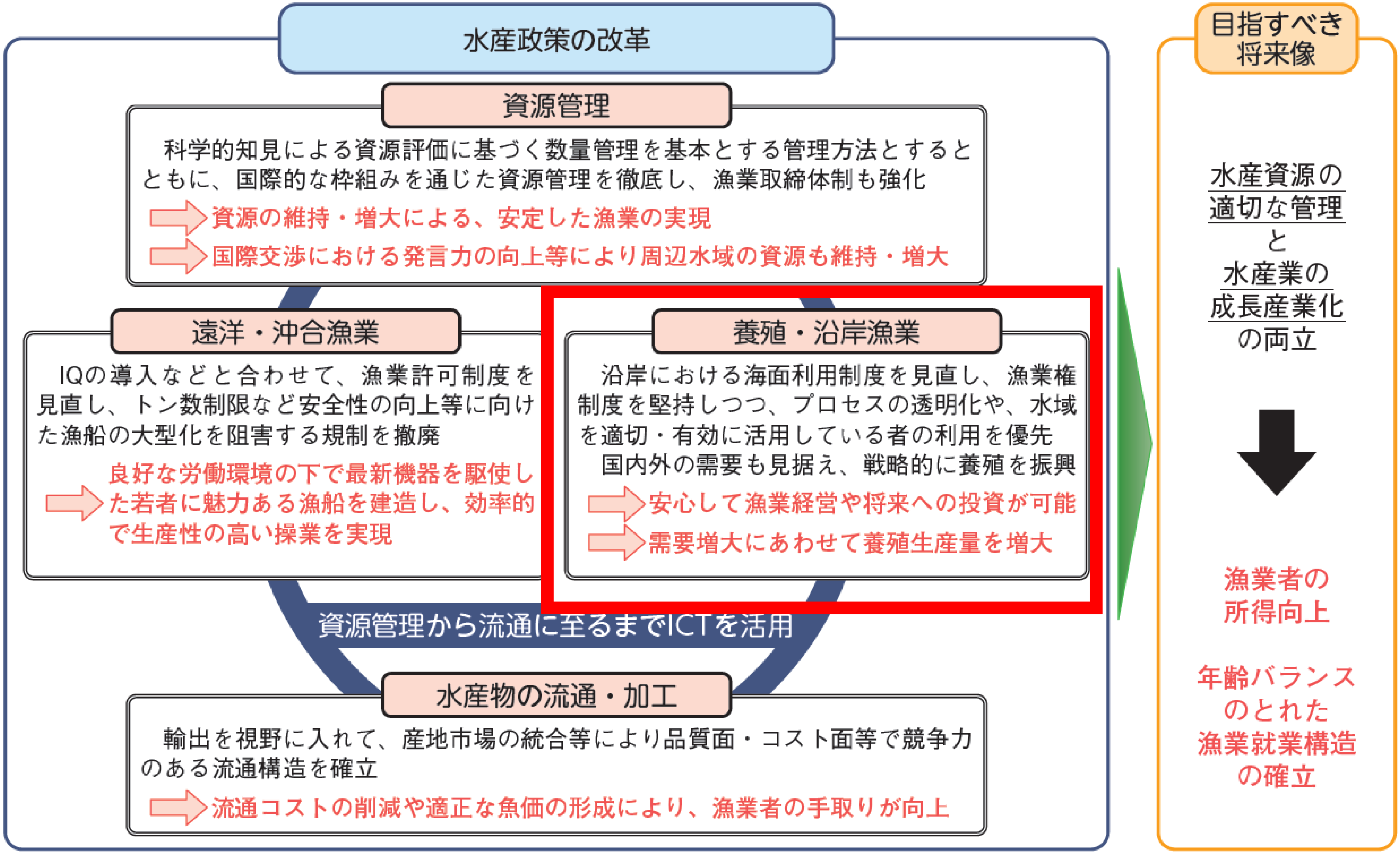
日本は1980年代には世界最先端だったが…

輸入分1兆7千億円分の市場はすでにある
→　これを取り戻す

世界の需要はさらに伸びる　→　輸出産業へ

養殖業の振興がキー

# 我が国　水産業の振興
# 70年ぶりの漁業法改正　　昨年（2020年12月施行）




出展：水産白書

# 養殖システム
# 最近の動向

Ocean Farm 1

Havfarm 1

- 高さ：68m・直径：110m・養殖容積：25万$m^3$
- 養殖生産量：12000トン
- 対応波高：15m

出典：ホームページ（https://www.salmar.no/en/offshore-fish-farming-a-new-era/?tdsourcetag=s_pcqq_aiomsg）

- 長さ：385m・幅：60m
- 構成：6個の養殖エリア（200万尾）
- 生産量：1万トン

出典：（https://www.projectcargojournal.com/shipping/2020/05/11/boka-vanguard-is-shipping-a-massive-fish-farm-to-norway/）



東大生産技術研　北澤教授より

- 黄海冷水塊・山東省日照市
- 直径60m、深さ38m、約30万尾で1,500トン／年のサーモンを飼育可能（実際は13万尾）

出典：http://j.people.com.cn/n3/2018/0507/c95952-9457166.html

- 長さ：91.3m・深さ：10.3m
- 養殖容積：約３万$m^3$
- 中国南部珠海エリア（陸から約30km）
- 2018年９月に養殖が開始、初期の養殖生産量は75トン

出典：Hydrodynamic performance of a semi-submersible offshore fish farm with a single point mooring system in pure waves and current

- 直径：139m・高さ：48m
- 有効養殖容積：約15万$m^3$
- 風速60m/sの台風に対応
- 養殖開始予定：2020年４月

出典：https://www.undercurrentnews.com/2020/06/22/de-maas-anticipates-at-least-two-deals-for-offshore-pens-in-2020-installs-first-in-china/



東大生産技術研　北澤教授より

Picture: Nordic Aqua Partners　上海の郊外で2026年に8，000トンのアトランティックサーモン

# 洋上陸上養殖　（閉鎖型）

## シンガポール

- 閉鎖型養殖
- 2019年8月以降、初の商業運営
- 初期収穫量は24トン（スズキ）
- 予想年間生産量は166トン
- 現在は、海外市場を開拓中

将来の概念図

ECO-ARK® FARM　　出典：http://www.ace-sg.com/



東大生産技術研　北澤教授より

# そのような世界の状況をみて何をやるか

## 養殖の三要素

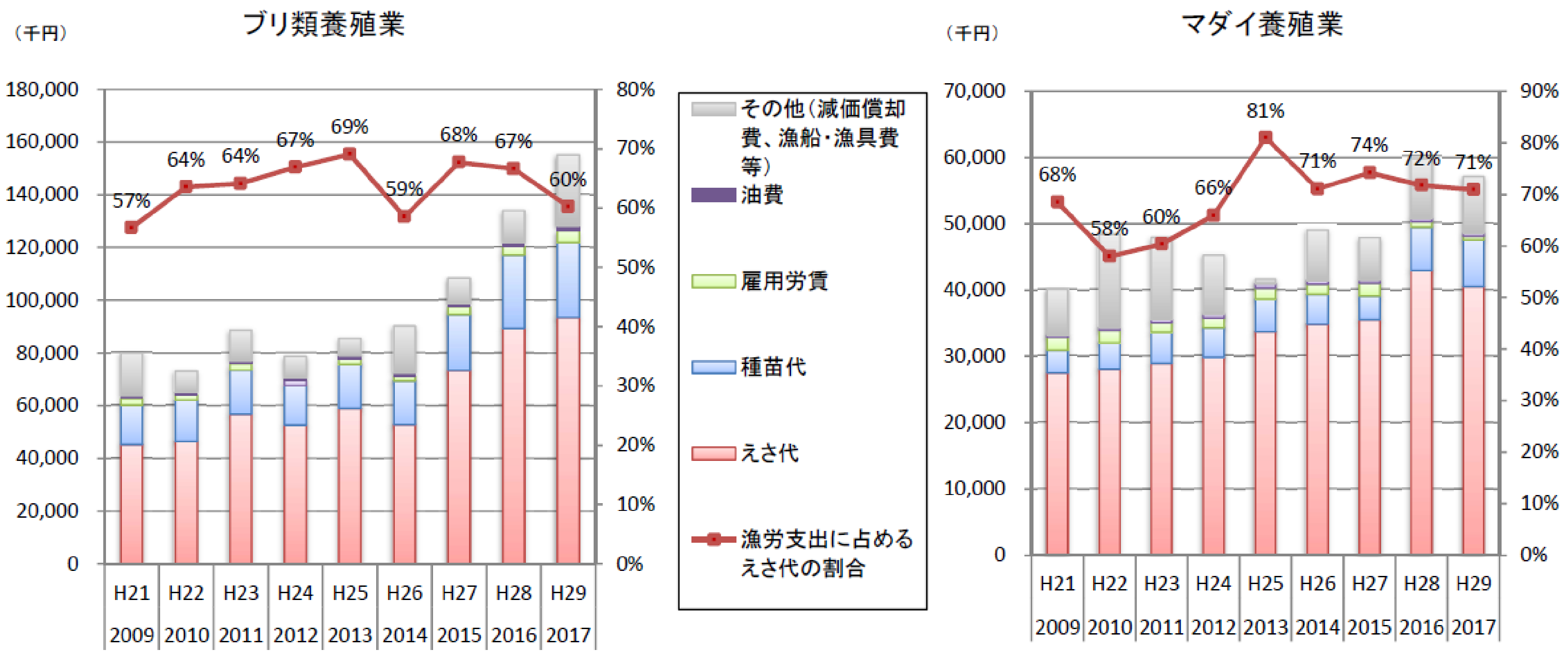
- 餌：　基本は魚に魚を与えて育てる
  魚粉、魚油に依存

- 種：　育種　農業・畜産に比較して歴史が浅い
  せいぜい数十年

- 場：養殖システム　海外ではサケに特化した大規模システムが進展

# 飼餌料問題：エサ代はコストの大半

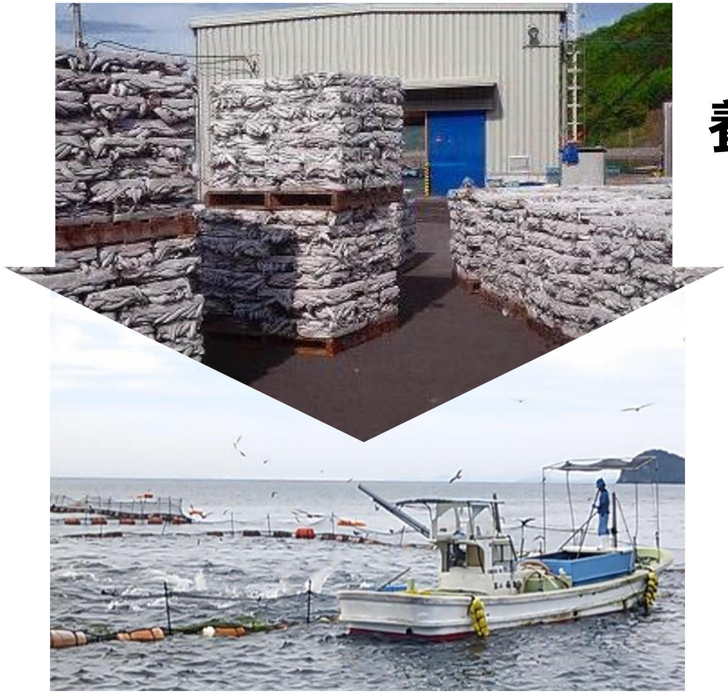
○　魚類養殖業は、コスト（漁労支出）に占める餌代の割合が大きく、その水準は近年上昇傾向。
○　魚類養殖には、餌が不可欠であり、量及び価格の両面で、安定的に供給されることが重要。




資料：　農林水産省漁業経営調査報告（個人経営体調査-海面養殖業部門別）

# 飼餌料課題

例えばマグロでは
生餌の直接給餌 → まずは配合化が必須



環境に与える影響
冷凍輸送、冷凍保管コスト
魚の解凍・給餌労力

**養殖生産1kgに必要な量(kg)**

| | 餌料 | 餌量 FCR* |
|---|---|---|
| マグロ | 生餌 | 16.0 |
| ギンザケ | 配合 | 1.4 |
| マダイ | 配合 | 2.7 |
| ブリ類 | 配合 | 2.8 |

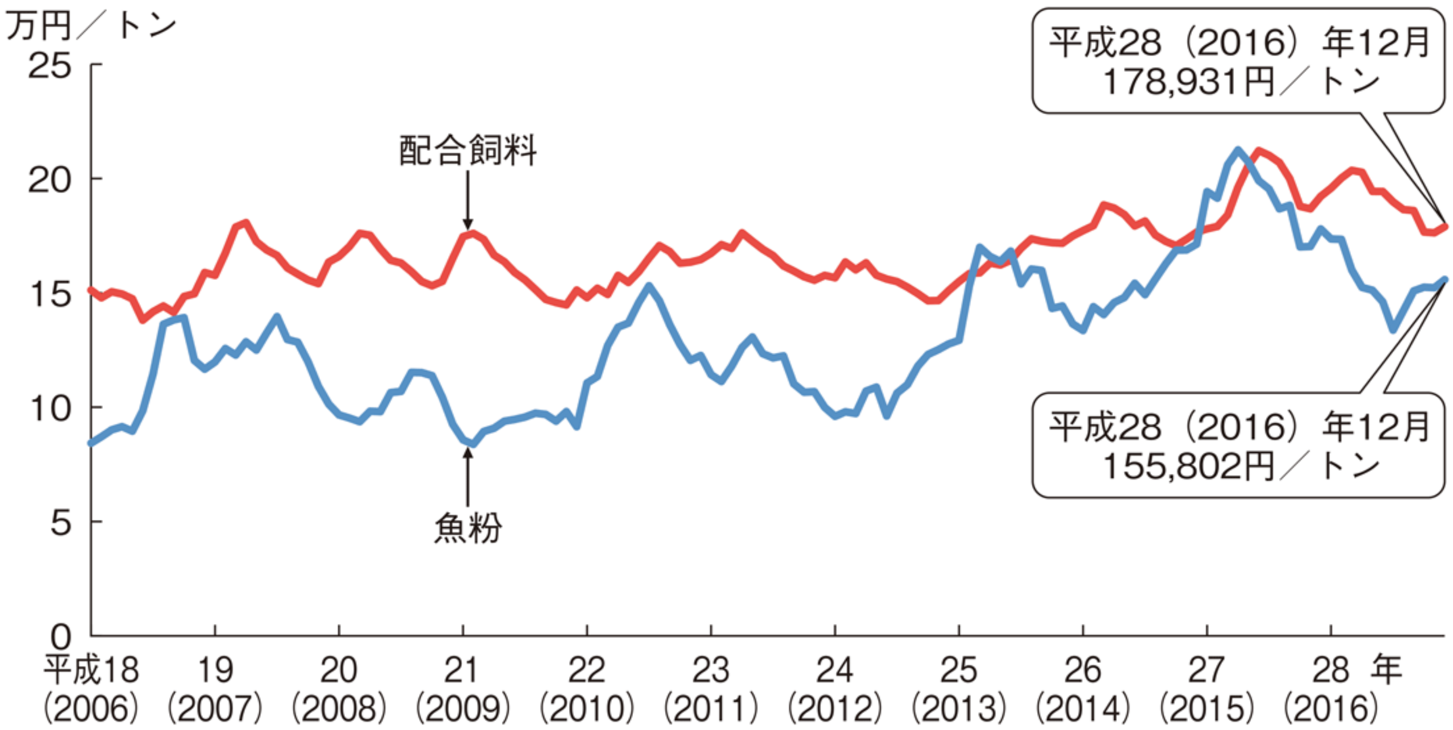
*FCR：Feed Conversion Ratio

永野(2015)推定値

出展：日本水産株式会社

# 魚粉の高騰

**図Ⅱ－2－11　配合飼料及び輸入魚粉価格の推移**




資料：財務省「貿易統計」（魚粉）、（一社）日本養魚飼料協会調べ（配合飼料、平成25（2013）年6月以前）及び水産庁調べ（配合飼料、平成25（2013）年7月以降）

世界最大の魚粉生産国であるペルーにおいて魚粉原料となるペルーカタクチイワシ（アンチョビー）の漁獲量が大幅に減少したことから、魚粉の輸入価格は、平成27（2015）年4月には1トン当たり約21万円と、平成17（2005）年平均価格の約3倍まで上昇

出展：水産白書

海水魚の成長にはω－３必須

魚油からが基本

魚を魚に食べさせることからの脱却

| 「みどりの食料システム戦略」が2050年までに目指す姿と取組方向 | |
|---|---|
| 温室効果ガス | ・2050年までに農林水産業のCO2ゼロエミッション化の実現を目指す。 |
| 化学農薬 | ・2040年までに、ネオニコチノイド系農薬を含む従来の殺虫剤を使用しなくてもすむような新規農薬等を開発する。<br>・2050年までに、化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減を目指す。 |
| 化学肥料 | ・2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の30%低減を目指す。 |
| 有機農業 | ・2040年までに、主要な品目について農業者の多くが取り組むことができるよう、次世代有機農業に関する技術を確立する。<br>・2050年までに、オーガニック市場を拡大しつつ、耕地面積に占める有機農業※の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大することを目指す。（※国際的に行われている有機農業） |
| 園芸施設 | ・2050年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行を目指す。 |
| 農林業機械・漁船 | ・2040年までに、農林業機械・漁船の電化・水素化等に関する技術の確立を目指す。 |
| 再生可能エネルギー | ・2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、農林漁業の健全な発展に資する形で、我が国の再生可能エネルギーの導入拡大に歩調を合わせた、農山漁村における再生可能エネルギーの導入を目指す。 |
| 21 食品ロス | ・2030年度までに、事業系食品ロスを2000年度比で半減させることを目指す。さらに、2050年までに、AIによる需要予測や新たな包装資材の開発等の技術の進展により、事業系食品ロスの最小化を図る。 |
| 食品産業 | ・2030年までに食品製造業の自動化等を進め、労働生産性が３割以上向上することを目指す（2018年基準）。さらに、2050年までにAI活用による多種多様な原材料や製品に対応した完全無人食品製造ラインの実現等により、多様な食文化を持つ我が国食品製造業の更なる労働生産性向上を図る。<br>・2030年までに流通の合理化を進め、飲食料品卸売業における売上高に占める経費の割合を10%に縮減することを目指す。さらに、2050年までにAI、ロボティクスなどの新たな技術を活用して流通のあらゆる現場において省人化・自動化を進め、更なる縮減を目指す。 |
| 持続可能な輸入調達 | ・2030年までに食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す。 |
| 森林・林業 | ・エリートツリー等の成長に優れた苗木の活用について、2030年までに林業用苗木の3割、2050年までに9割以上を目指すことに加え、2040年までに高層木造の技術の確立を目指すとともに、木材による炭素貯蔵の最大化を図る。<br>（※エリートツリーとは、成長や材質等の形質が良い精英樹同士の人工交配等により得られた次世代の個体の中から選抜される、成長等がより優れた精英樹のこと） |
| 漁業・水産業・養殖業 | ・2030年までに漁獲量を2010年と同程度（444万トン）まで回復させることを目指す。<br>（参考：2018年漁獲量331万トン）<br>・2050年までにニホンウナギ、クロマグロ等の養殖において人工種苗比率100%を実現することに加え、養魚飼料の全量を配合飼料給餌に転換し、天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖生産体制を目指す。 |

出展：農水省

農業・畜産の歴史は品種改良　育種

水産では50年程度

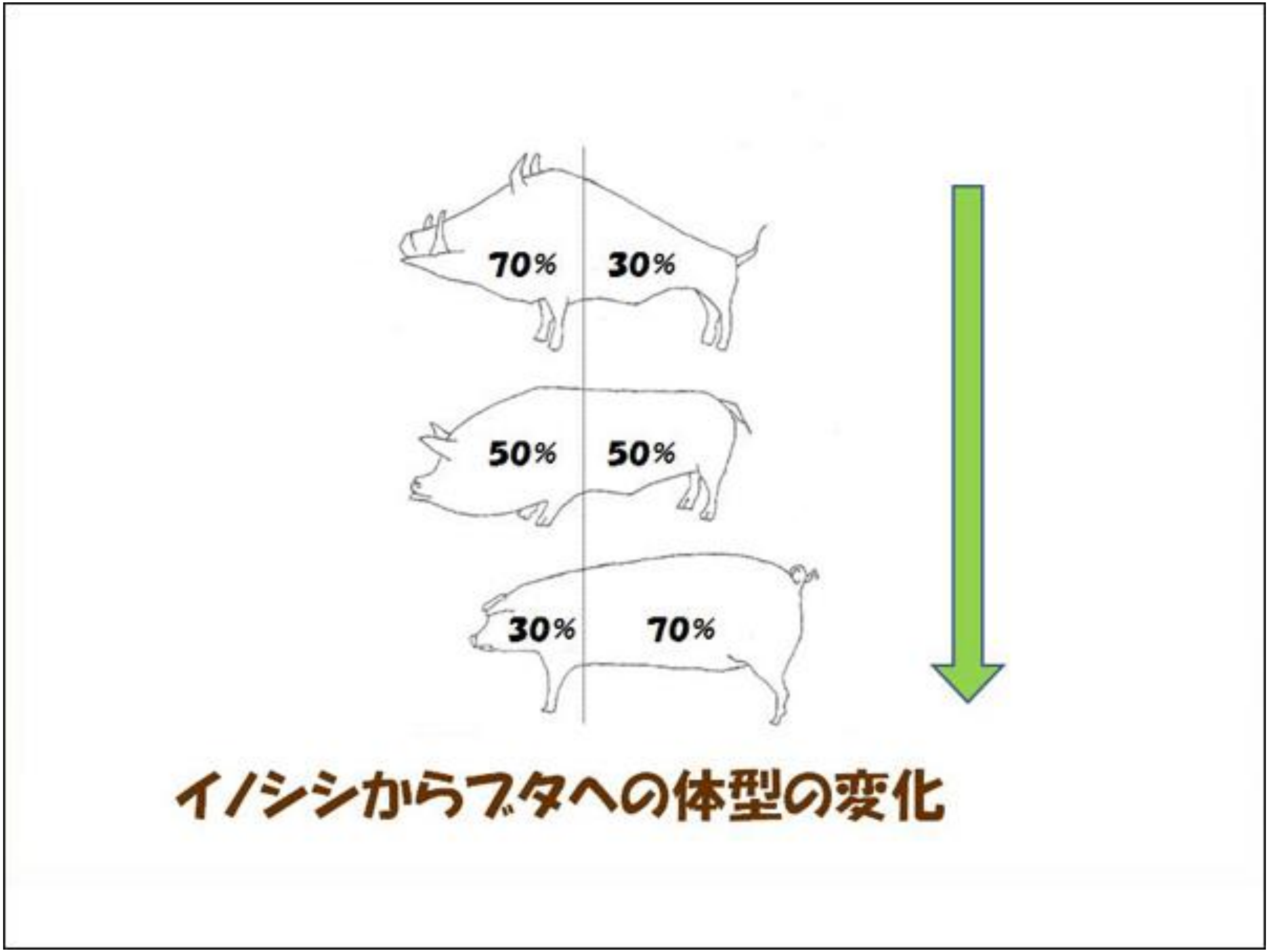
ほとんどの種が原種

イノシシを檻に入れて飼っている状況

人工種苗を大量に作れない種も

# 育種

出展：筑波実験植物園　農研機構



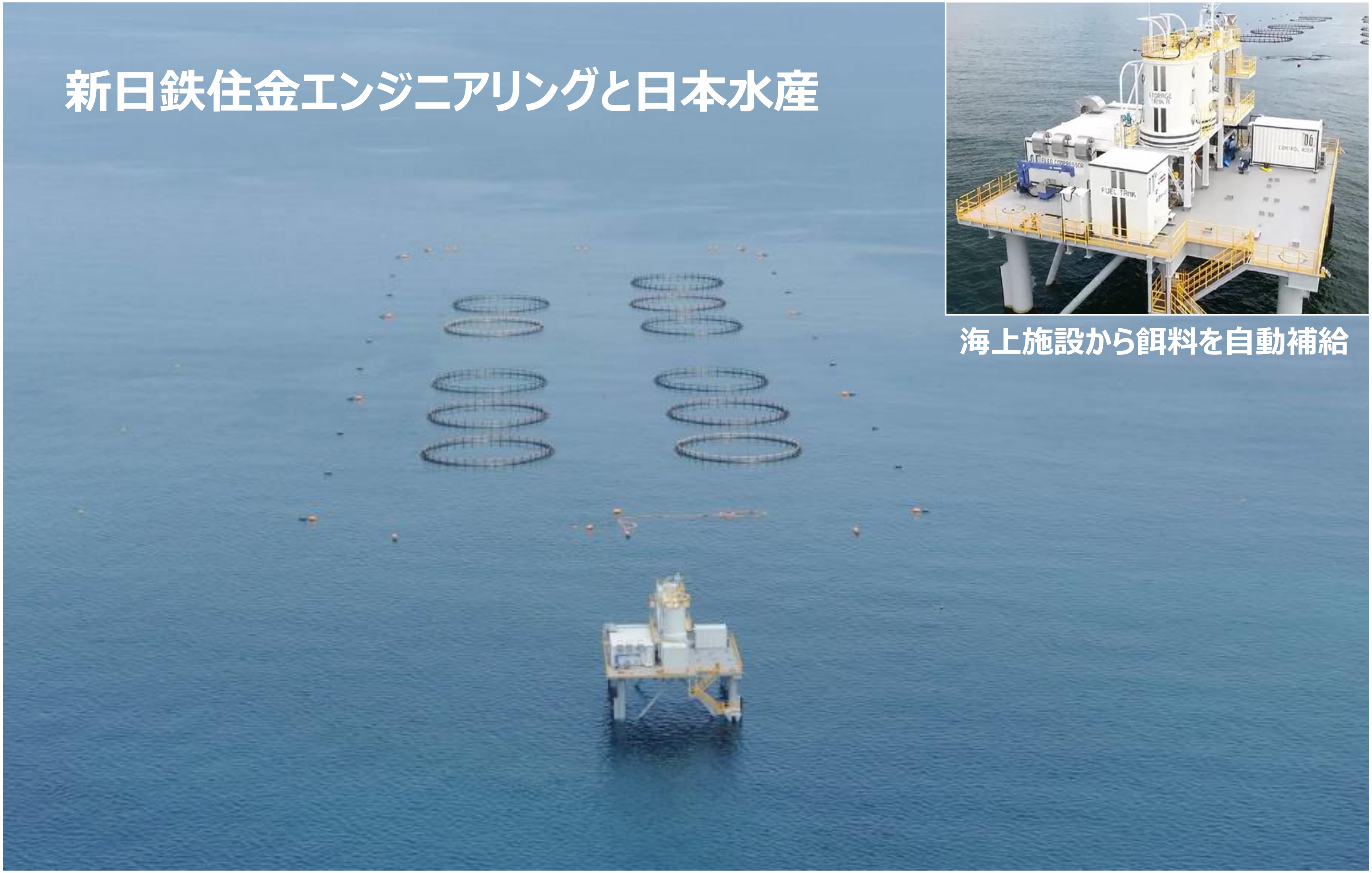

出展：農研機構

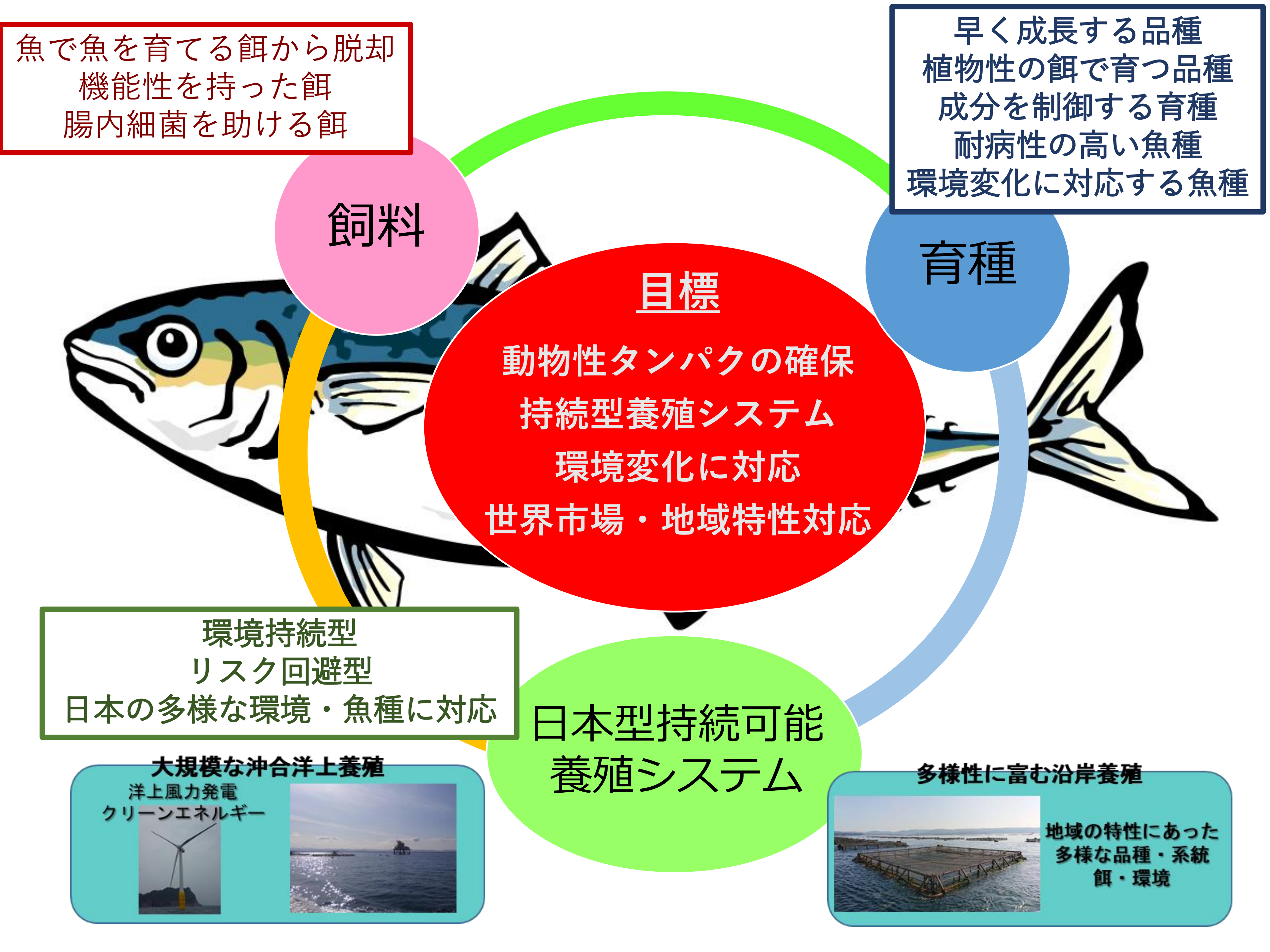
| | イノシシ | ブタ |
|---|---|---|
| 体長 | 140 cm | 200 cm |
| 体重 | 140 kg | 350 kg |
| 100kgまで | 12か月 | 6か月 |
| 繁殖季節 | 春（4～5月） | 周年（年2回） |
| 産子数 | 4～5 | 10～12 |

出展：農研機構

# 生産の課題

**荒れる日本海**

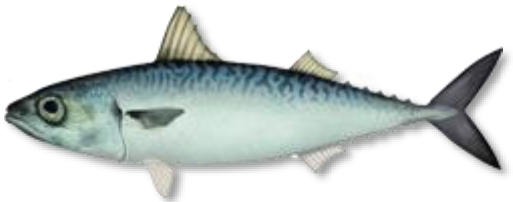

新日鉄住金エンジニアリングと日本水産
海上施設から餌料を自動補給



魚で魚を育てる餌から脱却
機能性を持った餌
腸内細菌を助ける餌
飼料
早く成長する品種
植物性の餌で育つ品種
成分を制御する育種
耐病性の高い魚種
環境変化に対応する魚種
育種
目標
動物性タンパクの確保
持続型養殖システム
環境変化に対応
世界市場・地域特性対応
環境持続型
リスク回避型
日本の多様な環境・魚種に対応
日本型持続可能
養殖システム
大規模な沖合洋上養殖
洋上風力発電
クリーンエネルギー
多様性に富む沿岸養殖
地域の特性にあった
多様な品種・系統
餌・環境

# モデル魚　サバ

塩サバ：加熱用



生サバ：刺身用

・日本の次世代型養殖のモデル
- ・戦略魚種の一つとして最適
- ・多獲性魚種の大規模養殖実績はない
- ・同種内で、品質の多様化が可能（ブランドサバ）

・サバ科：マサバ、ゴマサバ、大西洋サバ、スマ、サワラ、カツオ、マグロなど
- ・国内生産：サバ　40万トン漁獲　養殖約数10トン
  （マグロは1.5万トン、人工種苗1,000トン）
- ・世界市場：世界中で食べられている　日本の漁獲の半分（25万トン）は輸出
- ・栄養素：高タンパク質、DHA・EPA、ビタミンB2・B6・B12・D等栄養豊富
- ・価格：1kg 数百円で取引されるものから、最高級は7,000円/kg以上（関サバ等）
- ・輸入量：ノルウエーから15万トン/年輸入

アフリカで大人気の日本産サバ缶詰

日本からの輸出伸びている

日立造船・弓ヶ浜水産の陸上養殖プラント

ご清聴どうもありがとうございました。

いつまでもおいしいお魚が食べられるよう
頑張ります！

何かありましたらご遠慮なく

nakayama@affrc.go.jp まで

ご連絡ください。

未来社会創造事業内で未来養殖システム研究会

異業種の方、大歓迎です。どうぞご参加を。