



RIETI Policy Discussion Paper Series 13-P-022

東日本大震災による漁業と水産加工業の復旧政策の評価分析 - 動学的応用一般均衡モデルを利用して -

阿久根 優子
麗澤大学

沖山 充
(株) 現代文化研究所

徳永 澄憲
筑波大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

東日本大震災による漁業と水産加工業の復旧政策の評価分析 -動学的応用一般均衡モデルを利用して-

阿久根 優子（麗澤大学） 沖山 充（榊現代文化研究所） 徳永 澄憲（筑波大学）

要 旨

日本の漁業と水産加工業は、東日本大震災以前から長期にわたって生産縮小が続いており、その中で、震災により漁船や加工施設など多くの民間資本ストックが滅失し損傷を受けた。復旧・復興の評価分析は、経済メカニズムを内包するモデルを用いて、震災がなかった状態での生産水準を以って行われるべきであるが、今回の大震災における我が国の漁業と水産加工業についてそのような分析はみあたらない。そこで本稿では、漁業と水産加工業を中心とした動学的一般均衡モデルを構築し、東日本大震災による両産業での復旧政策について初めて定量的に評価分析を行った。その結果、現行政策は、震災10年後の2021年での生産回復には不十分であった。また、1993年の奥尻島の水産業の復旧状況と同様に、震災5年後の2016年に生産回復するのに必要な民間資本ストックの復旧総額を試算すると被害額の86%であり、生産縮小も続く中で復旧後の資本ストックは震災以前を下回る。そこで、同様の目標で生産性上昇を想定した場合、漁業と水産加工業全体の生産水準は、震災がなかった場合を上回って推移した。ただし、漁業の生産は上昇基調に変わったが、その2倍の生産規模の水産加工業の生産低下基調は変わらなかったため、両産業全体での生産縮小は続く。したがって、持続可能な生産活動のために生産性を向上させる場合、漁業では復旧を目標に、水産加工業では効率的な水産クラスターの構築に必要な研究開発や投資を促進する政策を重点的に行い、復旧を越えた生産水準を目標することが不可欠である。

キーワード：大震災、動学的応用一般均衡分析、復旧政策、漁業と水産加工業

JEL classification: D58、E27、L38

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独) 経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

本稿は、阿久根・沖山・徳永が独立行政法人経済産業研究所の研究会委員として、2011年6月から開始した「持続可能な地域づくり：新たな産業集積と機能の分担」研究プロジェクトの成果の一部である。本稿を作成するに当たっては、同研究プロジェクトリーダーである中村良平教授（岡山大学）をはじめメンバーの方々、細江宣裕准教授（政策大学院大学）から多くの有益なコメントを頂いた。また、経済産業研究所のDP・PDP検討会においても多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。

1. はじめに

本稿の目的は、動学的一般均衡モデルを用いて、東日本大震災による漁業と水産加工業での復旧政策の評価分析を行うことである。復旧や復興の進捗や評価に対して、一般に震災以前の2010年の生産水準が基準値として用いられるが、これは、単に震災の前年の実績値であり、長期的な水準としての妥当性が検討されているわけではない。実際の経済では、要素賦存量や様々な経済活動によって生産要素の配分は時系列的に変化し、それに応じて生産量も変化する。このため、基準となる生産水準は、時間が経過するほど震災前年の実績値とは異なると考えられる。したがって、経済メカニズムを内包するモデルを用いて、震災がなかった状態での生産水準を基準として、その効果と進捗を評価する必要がある。

日本の漁業は、東日本大震災以前より長期にわたって生産が減少しており、この傾向を踏まえた生産水準を基準に復旧の進捗や政策の効果を評価する必要があるが、今回の大震災における我が国の漁業と水産加工業についてそのような分析はみあたらない。そこで本稿では、漁業と水産加工業を中心とした動学的一般均衡モデルを構築し、東日本大震災による両産業での復旧政策について定量的に評価分析を行う。

さらに、立地移動できない一次産業とその関連産業を主産業とする地域において、これらの生産回復が不十分であった場合、地域経済全体の復旧・復興を妨げることが懸念される。今回の大震災の復旧・復興政策立案で参考にされた1993年の北海道南西沖津波地震によって被災した奥尻島の水産業では、地震発生5年後に完全復興宣言が出されている。そこで、本稿では震災による生産減少が、震災が生じなかった場合の生産水準に到達することを「復旧」と考え、震災発生5年後の2016年に両産業の生産が復旧するのに必要な民間資本ストック額を試算する²。さらに、八田・高田[6]が指摘するように、大震災以前より海面漁業での適切な資源管理や養殖業を中心とした生産性向上が必要であった。そこで、同様に震災発生5年後の復旧を目標とした漁業と水産加工業での生産性向上についてシミュレーションを試みる。

本稿の構成については、次のとおりである。まず、第2節では、自然災害による経済的影響に関する先行研究のサーベイを行う。第3節では、我が国の漁業と水産加工業について、大震災以前の傾向、大震災による被害と復旧政策を概説する。第4節では本モデル構造の概要を説明する。第5節で、生産損失とともに現行政策による生産回復効果を評価し、第6節において、2016年までの復旧に必要な費用や生産性の向上に関するシミュレーション結果を示す。最後に第7節で本稿をまとめ、残された課題を整理する。

² 東日本大震災では、漁港や港湾などの公共施設も大きな被害を受けたが、水産庁『東日本大震災による水産への影響と今後の対応』（平成24年10月）で、被災漁港319漁港のうち、311漁港で一部でも水産物の陸揚げが可能になっているとのことから、本稿では、漁業と水産加工業の民間資本ストック消失による生産への影響に着目する。

2. 自然災害による経済的影響の捉え方

本節では、自然災害による経済的影響に関する先行研究と本稿における復旧の評価の捉え方について述べる。Hallegatte and Przymuski [5]は、自然災害の経済評価方法として家計を対象としたミクロ経済モデル、国や地域を対象とした計量モデル、産業関連モデル、応用一般均衡（CGE）モデル及びネットワーク生産システムモデルの5つを挙げている。また、徳井他[19]は、震災の経済的被害の直接被害と間接被害を2種類の概念に整理している。1つは、評価の対象をストックとフローに分け、資本ストックの被害を直接被害（ストック被害）、それに伴って阻害される経済活動を間接被害（フロー被害）としている。もう1つは、資本ストックの滅失による一次的な経済活動の低下を直接被害、サプライチェーンを通じて生じる副次的な経済損失を間接被害としている。

東日本大震災の経済的影響に関する研究には、岩城他[9]、林田他[7]、徳井他[19]や沖山他[14]がある。その中で、岩城他[9]は、徳井他による分類のうち前者の直接被害を推計したものである。林田他[7]は、計量モデルによりマクロ経済の影響を明らかにしており、徳井他の分類の前者の間接被害を明らかにしている。また、徳井他[19]は、自身の分類の后者のサプライチェーンの途絶による影響に着目し、地域間産業関連表による前方関連と後方関連の定量化によって、東北から各地域への生産縮小の波及や立地分散効果を示した。沖山他[14]は、地域間の社会会計表を用いることで復興財源として利子や配当金等からなる財産所得を用いることによる被災地地域とそれ以外の地域でそれぞれの効果を示している。こうした産業間の投入産出関係を陽表的に扱う産業関連表や社会会計表を用いることにより、徳井らの区分のうち后者の直接被害と間接被害について分析することができる。

本稿で用いるCGEモデルも同様ではあるが、価格調整メカニズムを介した波及過程を含める点が産業関連モデルと異なる。これまで、CGEモデルを用いた日本における地震の経済損失については、Tsuchiya et al.[20]やShibusawa et al.[16]によって、東海・東南海地震や東海地震による交通ネットワークの損傷に伴う日本全国での経済損失とともに、各地域、都道府県での広がりが明らかにされている³。このように、CGEモデルを用いて地震による経済損失に関する多くの分析では、その対象が交通網の損傷、GDPや地域の経済活動であり、漁業や水産業といった個別の産業を対象とする分析は多くない。

一方で、農業分野では、疫病のような突発的事象による経済的影響を明らかにしているものがある。例えばYou and Diao [21]やDiao[1]、Thurlow[18]がある。このう

³ 東日本大震災以外には、Okuyama[12]が産業関連分析によって阪神大震災での損失の広がり、Rose and Liao[15]が大地震を想定しCGEモデルを用いてポートランドにおける地震を想定した水道断絶による産業や地域ごとの経済損失を明らかにしている。

ち、Thurlow[18]は、多地域 CGE モデルを用いて、アフリカにおける鳥インフルエンザの持続期間の違いや地域的な広がりを明らかにしている。その中のシミュレーションは、殺処分された家禽を資本ストックの損失とし、資本需要関数のパラメータを縮小することで行われている。

一方、今回の大震災では、漁船や加工施設などの資本ストックの被害が明らかになっているので、本稿においてはその分の資本ストックを消失させてシミュレーションを行う。これは、徳井他[19]で整理された概念を踏まえ、前者の概念のうち直接被害（ストック被害）を所与とし、それに伴う生産損失である間接被害（フロー被害）を定量化していることになる。なお、社会会計表を用い、モデル内においても産業間の投入産出を陽表的に扱うことから、この間接被害には、当該産業の一次的な経済活動の低下だけでなく、他産業との投入産出を踏まえた副次的な生産低下も含まれる。

図 1 は、本稿における大震災による生産損失と生産回復の考え方を示している。ここでは、産業の生産トレンドについて[a]上昇と[b]下降の 2 つの場合を考える。両図とも、横軸が時間、縦軸が生産水準を表す。 t_0 が震災発生時点、 t_{a1} (t_{b1}) が震災後のある特定の時点である。生産水準の添え字は、下付きが時点、上付きのうち BAU が震災がなかった場合、WO が震災発生後に復旧政策が行われなかった場合、W が行われた場合を表す。

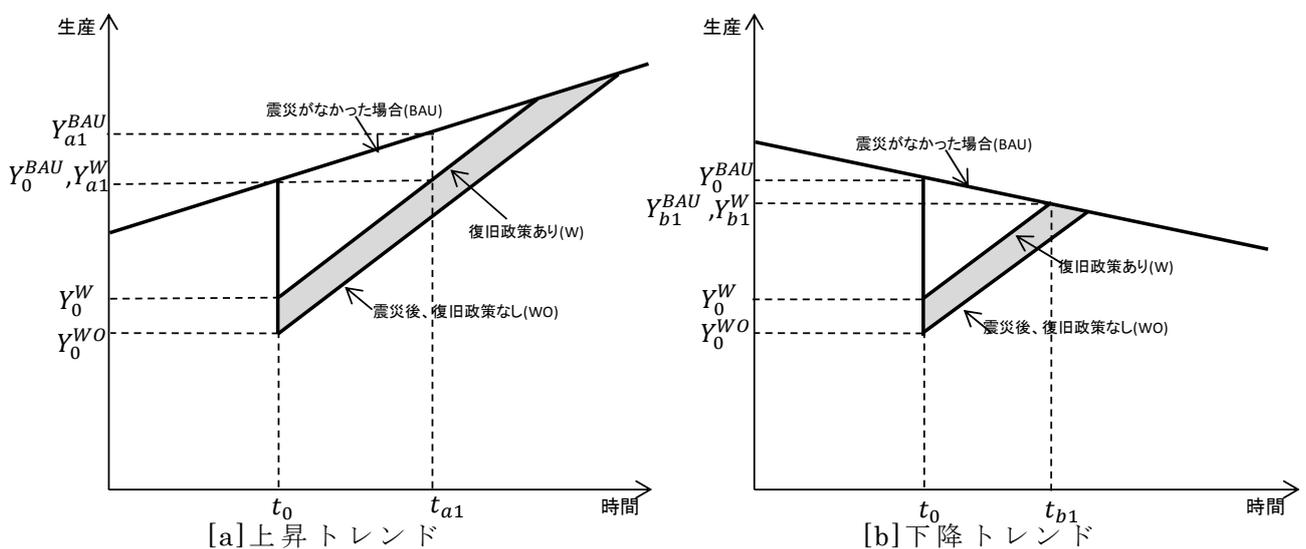


図 1 復旧政策の生産回復効果

生産損失と生産回復については、次のように考える。震災発生時に震災が起らなかった場合の生産水準を Y_0^{BAU} 、震災直後の生産水準を Y_0^{WO} とすると、生産損失はその差分である。震災発生年においても復旧政策が実施されるため、生産水準は Y_0^W に押し上げられる。したがって、復旧政策による生産回復効果は Y_0^{WO} と Y_0^W との差分で

ある。さらに、復旧が完了するまでの全期間における復旧政策による生産回復効果はこれらの差分の総計であり、図中の塗りつぶし部分である。

また、ある時点で現行の復旧の進捗を評価し、復旧政策の追加の必要性を検討する際には基準値の設定が重要である。生産の上昇トレンドを想定する[a]の t_{a1} 時点で、復旧政策があった場合の生産水準 (Y_{a1}^W) は震災発生時の Y_0^{BAU} と等しい。もし、生産水準のトレンドを踏まえなかった場合、復旧の基準値は Y_0^{BAU} であり、この時点で復旧は完了とされるが、上昇トレンドを考慮した場合、復旧の基準値は Y_{a1}^W を上回る Y_{a1}^{BAU} であり、復旧が完了しているとはいえない。一方、生産縮小傾向を想定する[b]の t_{b1} 時点では、復旧政策が行われた場合の生産水準 (Y_{b1}^W) は、震災発生時の Y_0^{BAU} を下回るものの、トレンドを考慮した生産水準 Y_{b1}^{BAU} には到達しており復旧は完了したものと考えることができる。このように、政策の評価は、生産トレンドの捉え方を含めた基準値の設定によって異なる。そこで、本稿では、漁業と水産加工業の大震災以前の生産傾向を整理したうえで、震災がなかった場合、震災発生後の政策の有無別の生産水準を用いて、大震災による生産損失、復旧政策による生産回復効果を定量化する。

3. 我が国の漁業と水産加工業の概要

前節で述べたとおり、対象とする産業の長期の生産傾向の把握は、復旧の進捗把握や政策評価を行う上で重要な点である。これまでも、漁業の生産水準、生産要素である漁船数や就業者数の長期的な減少傾向が指摘されてきた（八田・高田[6]、水産庁[17]）。本稿では、漁業の関連産業として水産加工業も分析対象としている。そこで、ここでは、対象とする漁業と水産加工業における大震災以前の生産額や生産要素の推移からモデルに反映させるべき点を整理する。さらに、シミュレーションに必要な東日本大震災による漁業と水産加工業での被害と復旧政策を予算面から概説する。

(1) 東日本大震災以前の漁業と水産加工業の動向

図 2 は、1990 年から震災直前の 2010 年までの漁業と水産加工業の実質生産額の推移を示している。1990 年の生産額は、漁業が 2 兆 3,892 億円、水産加工業が 4 兆 1,608 億円、2010 年では、漁業が 1 兆 4,209 億円、水産加工業が 2 兆 9,823 億円であり、水産加工業は漁業の 2 倍の生産規模がある。また、1990 年と比べて、漁業は 41%、水産加工業は 28%の生産がともに減少している。これらを 5 年ごとにみていくと、漁業では、1990 年から 1995 年では年率 8.5%で減少しているものの、1995 年から 2000 年で年率 1.2%の減少にとどまり、2000 年から 2005 年においては年率 0.7%で

上昇している。この上昇傾向は 2008 年まで続いたが、2009 年に水準が一段と低下し、2010 年の生産額を 2005 年と比較すると 8%減少している。水産加工業では、1990 年から 1995 年は年率 0.7%の変化で生産は安定していたが、1995 年から 2000 年が年率 3.8%、2000 年から 2005 年が年率 2.0%で減少し、1990 年後半から 2000 年前半にかけての減少幅が大きい。直近の 2005 年から 2010 年では、2007 年に上昇するものの、その後低下し、2010 年の生産額は 2005 年から 6%低下している。

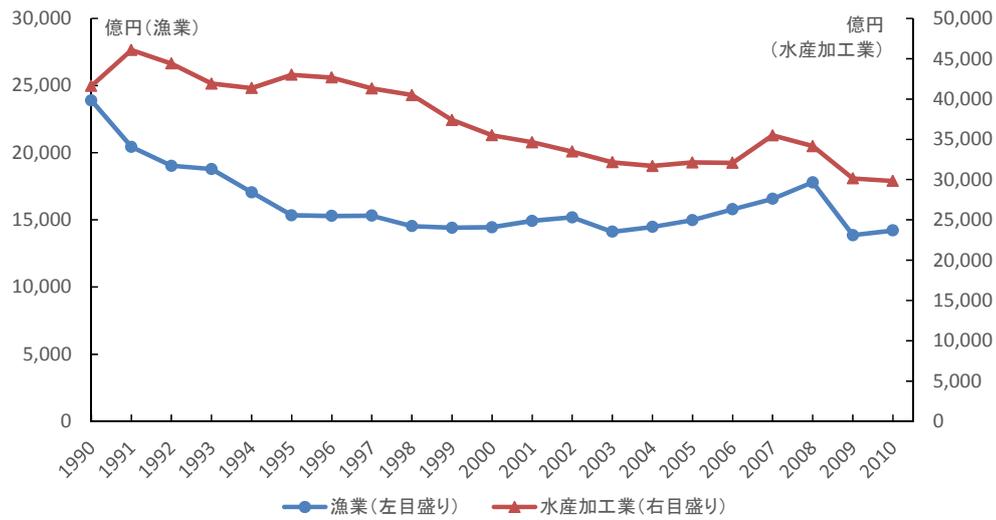


図 2 漁業と水産加工業の実質生産額の推移 (1990-2010)

出所：農林水産省『漁業生産額』、経済産業省『工業統計表：産業編』

注 1：実質化は、内閣府『国民経済計算年報』の「経済活動別国内総生産」のうち、漁業は「水産業」、水産加工業は「食料品」のデフレーターを使用した。

注 2：水産加工業の対象は、従業員 4 人以上の事業所である。

次に、生産要素である資本と労働の推移を 1990 年から 2010 年までみていく。図 3 では、漁業と水産加工業の資本ストックとして、漁業については漁船数、水産加工業については有形固定資産額と事業所数の推移を示している。このうち、漁船数は、1990 年の 38 万 4,330 隻から 2012 年の 20 万 2,880 隻と 28%減少している。5 年ごとの年率をみていくと、1990 年から 1995 年が -1.2%、1995 年から 2000 年が -1.4%、2000 年から 2005 年が -1.8%、2005 年から 2010 年が -2.2%となっており、減少幅は増している。一方、水産加工業の有形固定資産額は、1998 年までは上昇している。これは、バブル期の現象と思われ、事業所数をみると 1990 年の 10,438 か所の事業所は、2010 年には 35%減少し 6,734 か所となっており、実態的には減少している。5 年ごとの年率は、1990 年から 1995 年が -1.3%、1995 年から 2000 年が -1.4%、2000 年から 2005 年が -3.2%、2005 年から 2010 年が -2.7%で、2000 年代の減少幅が大きくなっている。有形固定資産額も、1990 年代後半から 2001 年にかけて大きく下落し、その後 2000 年から 2005 年までが年率 5.6%、2005 年から 2010 年では年率 3.3%で減少しており、

低下傾向が続いている。

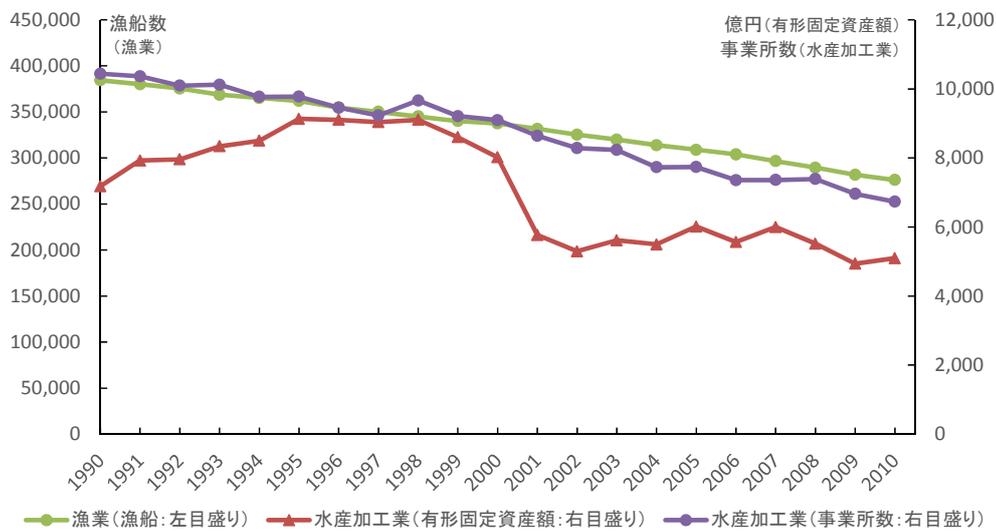


図 3 漁業と水産加工業の資本ストック関連の推移 (1990-2010)

出所：図 2 の出所と同様である。

注 1：図 2 の注 1 と同様である。

注 2：図 2 の注 2 と同様である。

注 3：漁船数は海水漁業の動力漁船数である。

1990 年から 2010 年までの漁業と水産加工業の就業者の推移（図 4）をみると、両産業とも前述の資本ストックと同様の傾向がみられる。漁業は、1990 年の 37 万 530 人から 2010 年の 20 万 2,880 人と 45%の減少、水産加工業は、20 万 8,570 人から 16 万 5,494 人と 21%の減少である。ただし、漁業の 5 年ごとでの年率は、1990 年から 1995 年が-4.0%、1995 年から 2000 年が-2.9%、2000 年から 2005 年が-3.1%、2005 年から 2010 年が-1.8%であり、減少幅は小さくなっている。水産加工業では、1995 年あたりまでは安定していたが、1995 年から 2000 年が年率 1.1%での減少、2000 年から 2005 年が-2.1%、2005 年から 2010 年が-1.3%となっており、2000 年代に入り減少傾向が鮮明になっている。

このように、漁業と水産加工業では、東日本大震災以前から生産額、生産要素の資本と労働はともに縮小傾向にある。一方で、生産額の減少率は生産要素の減少率よりも小さく、両産業の生産において資本や労働以外の生産性上昇がうかがえる。

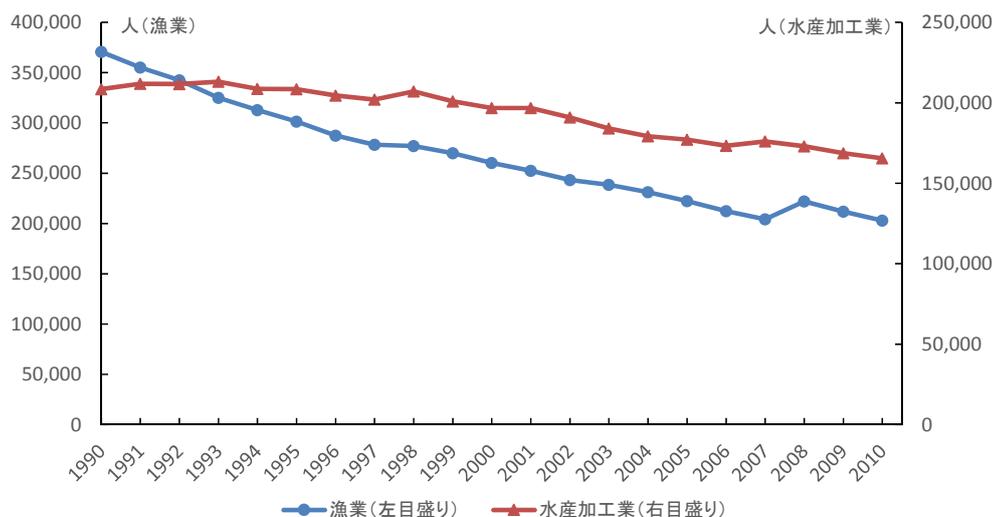


図 4 漁業と水産加工業の就業者数の推移 (1990-2010)

出所：図 2 の出所と同様である。

注 1：図 2 の注 2 と同様である。

(2) 東日本大震災による漁業と水産加工業での被害と復旧政策

表 1 は、東日本大震災による漁業と水産加工業の被災状況を示している。今回の大震災では、岩手県と宮城県を中心に、漁船、養殖業、作業場所や製氷施設などの共同利用施設及び水産加工施設が被災した。漁船の被害は、北海道から鹿児島県までの広範囲であり、全国で 28,612 隻が被害を受けた。このうち岩手県は 13,271 隻、宮城県は 12,029 隻で全体の 88.4% を占める。図 3 より 2010 年の全国の漁船数を 27 万 6,074 隻とすると、被害率は 10.4% である。養殖業では養殖施設の被害額 737 億円の 73.9% を宮城県の 487 億円、岩手県の 131 億円が占める。また、カキ、ワカメやホタテガイといった養殖物の被害も 597 億円であり、これは、前年の 2010 年の生産額 4,284 億円の 13.9% にあたる⁴。さらに、漁業や養殖業に関連する沿岸に立地する産地市場や作業場、製氷冷凍冷蔵施設といった共同利用施設も、岩手県、宮城県及び福島県を中心に 1,725 か所が全半壊した。これとは別に民間の水産加工施設で全壊もしくは半壊したものが 683 か所あり、これは全国の加工場数 11,946 か所⁵の 5.7% にあたる。

⁴ 被害を当該業種の資本ストックとするため、養殖施設の被害率も施設数に基づく方が適切であるが、全国の養殖施設の資本ストックを把握するデータが不明であるため、養殖物の被害率を同業種の被害率とする。

⁵ 水産庁『2008 年漁業センサス第 8 巻流通加工業に関する統計』のうち、「冷凍・冷蔵工場のみ」、「冷凍・冷蔵工場と水産加工場兼営」「水産加工場のみ」の合計である。

表 1 東日本大震災による漁業・水産加工業の被害状況

		全国値に対する被害率			被害額 (億円)	
		対象	被害	全国		
漁業	海面漁業	漁船(隻)	28,612	276,074	10.4%	1,822
	海面養殖業	養殖物(億円)	597	4,284	13.9%	1,335
水産加工業		施設数(箇所)	683	11,946	5.7%	2,887

出所：水産庁『平成 23 年度水産白書』pp.11-12、14、16 より作成。

注 1：「共同利用施設」とは、漁業協同組合等が組合員による共同利用のために保有している沿岸地区等に立地する施設のことである。たとえば、産地市場施設、荷さばき所、給油施設、共同作業場、製氷冷凍冷蔵施設、生産資材倉庫、種苗生産施設等である。

注 2：「水産加工施設」の被害額には、「共同利用施設」に係るものも含まれる。

注 3：各施設の数値は「全壊」もしくは「半壊」を対象としている。

東日本大震災による漁業と水産加工業関連の復旧・復興政策について整理する。両産業の復旧・復興に関わる平成 23 年度第 1 次から第 3 次の補正予算と平成 24 年度の当初予算は、平成 23 年度第 1 次補正で 2,153 億円、第 2 次補正で 198 億円、3 次補正で 4,989 億円、平成 24 年度当初予算のうち復旧・復興対策分として 843 億円の合計 8,183 億円が計上されていた。漁船や養殖業施設、加工施設への予算額が明示されているのは、「漁業・養殖業復興支援事業」、「漁船等復興対策」、「養殖施設災害復旧事業」、「水産業共同施設復旧支援事業」である。このうち、漁船等の復旧に対しては、2011 年度に 633 億円、2012 年度に 88 億円の 721 億円である。これは、表 1 に示す漁船被害額 1,822 億円に対して震災発生 2011 年に 34.7%、翌 2012 年に 4.8%に相当する。養殖施設に対しては、2011 年度に被害額 1,335 億円（養殖施設と養殖物）の 70.5% の 941 億円、2012 年度に 5.0% の 67 億円の合計 1,008 億円である。水産加工施設に対しては、共同施設と民間加工施設の被害総額 2,887 億円に対して、2011 年度に 16.3% の 470 億円、2012 年度に 1.1% の 33 億円が予算として計上された。このように、海面漁業や海面養殖業を中心とした予算となっており、それと比べると水産加工業に対する予算処置は小さい。

表 2 漁業と水産加工業の復旧予算

		予算額(億円)		予算率	
		2011	2012	2011	2012
漁業	海面漁業	633	88	34.7%	4.8%
	海面養殖業	941	67	70.5%	5.0%
水産加工業		470	33	16.3%	1.1%

出所：水産庁『東日本大震災による水産への影響と今後の対応』平成 24 年 10 月より作成

注：漁船や養殖業施設、加工施設への予算額が明示されている「漁業・養殖業復興支援事業」、「漁船等復興対策」、「養殖施設災害復旧事業」、「水産業共同施設復旧支援事業」の合計である。

4. 本モデルの構造の概要

本節では、シミュレーションに用いるモデルの構造について述べる⁶。本モデルは、13部門の生産活動、家計及び政府によって構成される。国内において、中間財とともに、生産要素の資本と労働による合成生産要素を用いて完全競争で生産された財は、国内への供給と輸出に分割され、国内供給財と輸入財がアーミントン仮定のもと合成され、国内に供給される。国内供給された財は、家計と政府による最終財として、生産活動による中間財及び投資財として消費される。また、動学過程は毎期の最適化行動の結果を次期に受け継ぐ逐次動学型である。

(1)生産・貿易

生産活動は、海面漁業、海面養殖業、冷凍魚介類製造業、塩・干・くん製品製造業、水産びん・缶詰製造業、ねり製品製造業、その他の水産食品製造業といった本稿での対象業種以外に、農業、内水面製造業、食品製造業、外食産業、鉱工業及びサービス業の13部門である。それぞれの部門で代表的企業を想定し、図5に示すように2段階の生産活動をそれぞれ利潤最大化行動によって行う。第1段階では、労働と資本ストックからCES型の生産関数のもと合成生産要素が生産される。この中で利潤最大化するような労働と資本ストックが需要される。第2段階では、この合成生産要素と中間財を用いてレオンチェフ型生産関数のもと国内生産財が生産される。

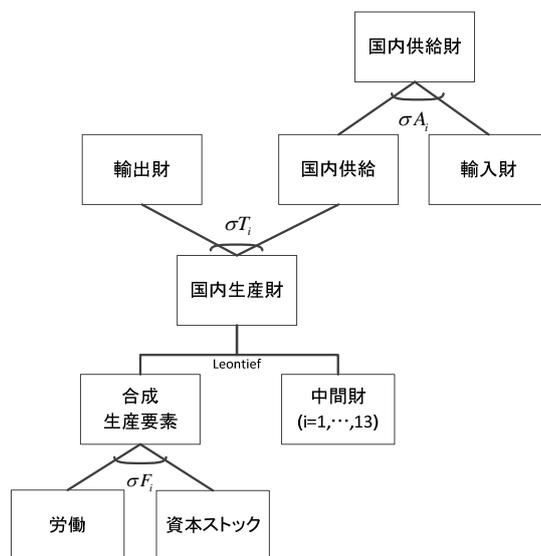


図 5 生産と貿易フロー

生産された財は、国内供給と輸出が不完全代替とし、CET型関数によって輸出財

⁶ 本モデルの構築にあたって、細江・我澤・橋本[8]、Lofgren et. al[10]および Dixon and Rimmer[4]を参考にした。

と国内供給財に変形する。国内供給される国内生産財は、アーミントン仮定（Armington[1]）のもと輸入財との不完全代替を想定し、CES型関数のもとで国内供給財に合成される⁷。

(2)制度

家計は、生産要素所得、他の制度からの経常移転所得と財産所得等受取からなる総貯蓄から政府への直接税と貯蓄、経常移転所得と財産所得等支払を除いた可処分所得を予算制約に、13の財の消費を効用最大化になるように行う。この効用関数はコブ・ダグラス型を想定する。貯蓄率は基準年に基づく。

一方、政府は、財政収支が均衡するように、各種税収（家計と企業からの直税税収、輸入財への関税収、国内財の生産における付加価値税収）に、政府の資本賦存から得る要素所得、経常移転所得と財産所得等受取から、生産活動への補助金、経常移転所得支払、財産所得等支払及び政府貯蓄を除いたものを予算制約として、政府活動における政府消費、労働需要量及び資本ストック需要量をコブ・ダグラス型効用関数が最大になるように決定する。税率や貯蓄率は基準年に基づく。経常移転所得と財産所得の支払及び受取額の名目値は基準年で固定し、各期で物価変動に基づいて実質化する。

(3)市場均衡条件

国民貯蓄は、民間貯蓄、政府貯蓄及び外国貯蓄の総額である。各財の投資需要はこの貯蓄を制約としてコブ・ダグラス関数に基づいて決まる。

財については、国内供給された国内財と輸入財が合成されたアーミントン財が、家計による消費、政府による消費、生産活動での投資と中間財需要によって消費され、総供給と総需要が均衡するところで、それぞれの財の価格が決定する。また、貿易は、輸入財の総額が輸出財と外国貯蓄の総額と等しい国際収支制約の中で行われ、その中で為替レートが決定する。

生産要素のうち、労働は生産活動部門間を移動し、各期で企業と政府による労働需要量と各期で外生的に固定された労働賦存量が一致するところで均衡する。

(4)動学

資本ストックについては、生産活動が既にそれぞれ保持する資本ストックは生産活動の部門間を移動しないが、新規の資本ストック（投資）は部門間で移動するputty-clay型を想定する。動学的一般均衡モデルにおける資本の動学過程は、主としてRamsey型最適成長モデルに基づくもの（たとえば伴[2]）と資本の成長率と均衡利回り率との関係を成長曲線を用いて定義するもの到大別される。本稿では、後者の代表的なモデルであるDixon and Rimmer [4]の動学ストックの累積過程の考え方を採用する。この過程は、資本ストックと投資との関係（式(4-1)）、投資の決定メ

⁷ 代替弾力性は、GTAPVersion7で準じる財のものを用いた。

カニズムを規定する資本利回り率との2つの式（式(4-2)、式(4-3)）が用いられる。

まず、多くの動学的応用一般均衡モデルと同様に、式(4-1)のように t+1 期における生産活動 i の使用可能な資本ストック（ $KSK_{i,t+1}$ ）は、t 期の減価償却後の資本ストック（ $(1-d_i)KSK_{i,t}$ ）と投資（ $INV_{i,t}$ ）で構成される⁸。

$$KSK_{i,t+1} = (1-d_i)KSK_{i,t} + INV_{i,t} \quad (4-1)$$

$KSK_{i,t+1}$: t+1 期の生産活動 i による使用可能な資本ストック

$KSK_{i,t}$: t 期の資本ストック

$INV_{i,t}$: t 期の生産活動 i における投資

d_i : 生産活動 i の減価償却率

次に、t 期における生産活動 i の投資に対する期待利回り率（ $E_t[ROR_{i,t}]$ ）を t 期の追加投資の単位費用に対する t+1 期の期待貸貸率と減価償却後の追加投資の期待単位費用で、式(4-2)のように示す。

$$E_t[ROR_{i,t}] = -1 + \frac{E_t[Q_{i,t+1}]}{C_{i,t}} \frac{1}{1+r} + (1-d_i) \frac{E_t[C_{i,t+1}]}{C_{i,t}} \frac{1}{1+r} \quad (4-2)$$

E_t : t 期の期待

$ROR_{i,t}$: t 期の生産活動 i に対する投資で得られる資本利回り率

$Q_{i,t+1}$: t+1 期の生産活動 i の資本ストックの貸貸率

r : 利子率

$C_{i,t}$: t 期における生産活動 i の資本ストックの追加の単位費用

一方で、モデル内の t 期の生産活動 i の資本ストックの単位費用の現在価値（ $PV_{i,t}$ ）は、t+1 期の生産活動 i の資本ストック貸貸率と合成投資財価格から t 期の合成投資財価格の差分として表される。

$$PV_{i,t} = -PI_t + PK_{i,t+1} \frac{1}{1+RINT_t} + (1-d_i) PI_{t+1} \frac{1}{1+RINT_t} \quad (4-2a)$$

$RINT_t$: t 期の利子率

$PK_{i,t+1}$: t+1 期の生産活動 i の資本ストックの貸貸率

PI_t : t 期の合成投資財価格

ここで、経済主体が各期で最適化行動を行う逐次動学であり、投資において次期の合成投資財の価格と生産活動 i の資本ストックの貸貸率は今期から変化しないと考

⁸ 本モデルでは、t+1 期の生産活動 i の使用可能な資本ストックは、生産活動 i によって t+1 期にすべて使用されるとする。

えると仮定する。また、合成投資財価格に対する資本ストックの相対単位費用を t 期の生産活動 i における資本利回り率 ($ROR_{i,t}$) とし、式(4-2a)の利子率を実質化すると次式のように表される。

$$ROR_{i,t} = -1 + \left[\frac{PK_{i,t}}{PI_t} + (1-d_i) \right] \frac{1}{1 + RINT_t/PCINDEX_t} \quad (4-2b)$$

$RINT_t$: t 期の実質利子率

$PK_{i,t}$: t 期の生産活動 i の資本ストック賃貸率

PI_t : t 期の投資財の合成価格

$PCINDEX_t$: 物価指数

さらに、Dixon and Rimmer[4]によると生産活動 i の資本ストックの成長率によって当該産業への融資が進められる現実を踏まえ、 t 期における生産活動 i の期待利回り率 ($E_t[ROR_{i,t}]$) を資本の成長率の関数として考える。

$$E_t[ROR_{i,t}] = f_{i,t} \left(\frac{KSK_{i,t+1}}{KSK_{i,t}} - 1 \right) \quad (4-3)$$

この関数は、生産活動 i の資本ストックが高い成長率であるほど、より高い期待利回り率で均衡するという増加関数である。具体的には、資本の均衡期待利回り率 ($EQEROR_{i,t}$) を資本の成長率 ($K_GR_{i,t} = KSK_{i,t+1}/KSK_{i,t} - 1$) とのロジスティック関数の逆関数として定義している。

$$EQEROR_{i,t} = RORN_i + \frac{1}{C_i} \left[\frac{\ln(K_GR_{i,t} - K_GR_MIN_i) - \ln(K_GR_MAX_{i,t} - K_GR_{i,t})}{-\ln(TREND_K_i - K_GR_MIN_i) + \ln(K_GR_MAX_i - TREND_K_i)} \right] \quad (4-3a)$$

$RORN_i$: 生産活動 i における標準的な利回り率

$K_GR_{i,t}$: 生産活動 i における t 期の資本成長率

$K_GR_MIN_i$: 生産活動 i の取りうる最低資本成長率

$K_GR_MAX_i$: 生産活動 i の取りうる最高資本成長率

$TREND_K_i$: 生産活動 i の歴史的に標準的な資本成長率

C_i : 均衡期待利回り率に対する生産活動 i の資本成長の感度パラメータ

各生産活動の式(4-2b)の資本ストックの利回り率と式(4-3a)の均衡利回り率が等しくなる資本ストックの成長率に必要な投資が行われる。

民間の各生産活動は上記のように資本ストックの累積過程を持つが、政府投資

($INVG_t$) は、総投資と民間部門の総投資の差として決まり、政府資本ストックは、減価償却後の資本ストックに政府投資を加えたものとする。

以上の本モデルの再現性については、補論 1 を参照されたい。

5. 現行の民間資本ストック復旧政策によるシミュレーション結果

本節では、東日本大震災による漁業と水産加工業における民間部門の資本ストック減失による生産損失と現行政策による生産回復効果を明らかにする。まず、シナリオを説明し、次に 2011 年の生産損失と 2021 年までの生産回復のシミュレーション結果を示す。

(1)シミュレーション・シナリオ

震災が起こらなかった場合をベースケースとし、シナリオ 1 と 2 では震災が起こったことを想定する。このうちシナリオ 1 が復旧政策がない場合、シナリオ 2 が復旧政策が実施される場合である。ベースケースとシナリオ 1 との差が震災による生産損失であり、シナリオ 1 とシナリオ 2 の差が復旧政策による生産回復である。

表 3 は、シミュレーションに用いる各生産活動の被害率と予算率を示している⁹。このうち、被害率は、第 3 節で述べた全国の民間資本ストックに対する今回の大震災で減失した民間資本ストックの割合で、予算率は各資本ストックの被害額に対する予算額の比率である。

表 3 シミュレーションに用いる各生産活動の資本ストックの被害率と予算率

		被害率	予算率(予算額/被害額)	
			2011	2012
漁業	海面漁業	10.4%	34.7%	4.8%
	海面養殖業	13.9%	70.5%	5.0%
水産加工業	冷凍魚介類製造業	0.6%	4.7%	0.3%
	塩・干・くん製品製造業	0.3%	2.1%	0.1%
	水産びん・缶詰製造業	0.0%	0.4%	0.0%
	ねり製品製造業	0.1%	1.1%	0.1%
	その他の水産食品製造業	1.0%	8.1%	0.6%

注：「水産びん・缶詰製造業」の被害率は 0.04% で、2011 年の予算率は 0.02% である。

注：漁業の被害率と予算率は、表 1 と表 2 の再掲である。

⁹ 水産加工施設の被害について業種ごとの統計はないが、各業種には、全国に対する被災地域の事業所比率に相応した被害が及んでいると考え、これらの割合を水産加工業の数値で割り戻してそれぞれ被害率と予算率としている。なお、2005 年の『工業統計表』の都道府県別事業所数によると、被害のあった 7 道県には、全国の水産加工業の事業所数に対する 7 道県の割合は 35% である。業種ごとでは、冷凍魚介類製造業では 51.3%、塩・干・くん製製造業では 44.4%、水産びん・缶詰製造業では 45.2%、ねり製品製造業では 16.2%、そしてその他の水産食品製造業では 32.0% の事業所が立地している。

シナリオ 1 では、震災によって 2011 年に全国の海面漁業の 10.4%、海面養殖業の 13.9%の民間資本ストックの滅失を想定する。水産加工業も同様に、冷凍魚介類製造業の 0.6%、塩・干・くん製品製造業の 0.3%、水産びん・缶詰製造業の 0.04%、ねり製品製造業の 0.1%、その他の水産食品製造業の 1.0%の民間資本ストックが失われる。

シナリオ 2 では、これらの損失に対して、現行の復旧政策によって海面漁業では 2011 年に 34.7%、2012 年に 4.8%の民間資本ストックが政府から充当されることを想定する。海面養殖業も、震災で滅失した民間資本ストックのうち、2011 年に 70.5%、2012 年に 5.0%復旧する。水産加工業でも、それぞれの業種（以降、冷凍魚介類製造業、塩・干・くん製品製造業、水産びん・缶詰製造業、ねり製品製造業、その他の水産食品製造業の順）の滅失した民間資本ストックのうち、政府の現行政策によって 2011 年に 4.7%、2.1%、0.4%、1.1%及び 8.1%、2012 年に 0.3%、0.1%、0.02%、0.1%及び 0.6%が復旧すると考える¹⁰。なお、これらの復旧に使用される費用は政府支出に加える。

(2) 2011 年における漁業と水産加工業の生産損失

表 4 は、震災がなかった場合（ベースケース）と震災があったシナリオ 1 との比較によって、東日本大震災による漁業と水産加工業の民間資本ストック滅失による 2011 年の生産損失の結果を示している。漁業と水産加工業の民間資本ストック消失により 2,065 億円、4.6%の生産が失われたことになる。このうち、40.1%が海面漁業の 827 億円、ついで海面養殖業が 26.0%の 537 億円で、漁業関連の業種での生産損失が大きく、これは被害が水産加工業よりも大きかったことに即した結果である。

¹⁰ 本シナリオでは、生産者は、投資行動を介さず政府から船や施設を得る形になるが、「がんばる漁業・養殖業復興支援事業 計画認定状況（平成 24 年 10 月 4 日時点）」のなかで、船舶や養殖施設に対して支援事業が行われていることから、本シナリオはそれを反映したものである。また、東京電力福島第一原子力発電所の事故による福島県での漁業と水産加工業の復旧・復興の遅れを想定すべきであるが、現段階では復旧・復興全体の時期自体が不明であるため、本稿では地震・津波による資本ストックの損失に焦点をあてる。

表 4 民間資本ストック消失による生産損失（2011年）

		シミュレーション結果					資本 ストック 被害率
		生産額		生産損失		生産 損失率	
		震災なし (ベースケース)	震災あり (シナリオ1)	損失額	割合		
		億円	億円	億円	%	%	
漁業・水産加工業		44,564	42,499	2,065	100.0	4.6	-
漁業	海面漁業	9,590	8,763	827	40.1	8.6	10.4
	海面養殖業	4,228	3,691	537	26.0	12.7	13.9
水産加工業	冷凍魚介類製造業	12,799	12,298	501	24.3	3.9	0.6
	塩・干・くん製品製造業	5,089	5,023	67	3.2	1.3	0.3
	水産びん・缶詰製造業	981	979	2	0.1	0.2	0.0
	ねり製品製造業	3,649	3,640	8	0.4	0.2	0.1
	その他の水産食品製造業	7,092	6,970	122	5.9	1.7	1.0

注 1:生産損失内の損失額は、ベースケースとシナリオ 1 の生産額の差である。

注 2:生産損失内の割合は、漁業と水産加工業の損失額に対する各業種の割合である。

注 3:生産損失率は、ベースケースの生産額に対する生産損失額である。

注 4:資本ストック被害率は、表 3 の再掲である。

さらに、水産加工業のうち、冷凍魚介類製造業での生産損失が 501 億円であり、漁業と水産加工業全体の 24.3% を占める。このように、冷凍魚介類製造業での生産損失率が資本ストックの被害率より高いのは、海面漁業からの投入比率が中間財の 53.6% であり、川上にあたる海面漁業との高いリンケージのためである。つまり、冷凍魚介類製造業は、自身の資本ストックの被害による生産損失だけでなく、供給リンケージで川上の海面漁業での生産減少による生産損失の影響を受けていることを表している。また、生産損失率と資本ストックの被害率を比較すると、冷凍魚介類製造業が 3.9%、塩・干・くん製品製造業が 1.3%、水産びん・缶詰製造業とねり製品製造業がそれぞれ 0.2%、その他の水産食品製造業が 1.7% であり、これらは、資本ストックの被害率よりも総じて大きい。このように、漁業と水産加工業で形成されている供給リンケージから川下の水産加工業の業種で生産損失が増幅する。したがって、自然災害による生産損失の算出では、大震災による資本ストック消失による当該生産活動の直接的な被害だけではなく、供給リンケージの中で増幅する間接的な生産損失も含める必要がある。

(3) 現行政策による生産回復効果

ここでは、大震災後 10 年後の 2021 年までの漁業と水産加工業の民間資本ストックへの復旧政策による生産回復効果について明らかにする。図 6 から図 13 は、2005 年からの 2021 年までの各シナリオでの生産額を示している。それらの中で、震災がなかった場合を想定するベースケースを細い破線、震災後の復旧政策が行われなかった場合のシナリオ 1 を太い破線、震災後の復旧政策を想定するシナリオ 2 を太い実線で表している。すべてのシナリオの生産は右下がりであり、漁業と水産加工業における長期的なトレンドを踏まえている。したがって、両産業全体で震災を想定しな

いベースケースの2021年では震災直前の2010年と比較しておよそ11%の生産減少を見込んでいる。

まず、図6は、漁業と水産加工業全体での各シナリオでの生産額を示している。前項で述べたように、同産業の2011年の生産損失は、ベースケースの4兆4,560億円（細破線）とシナリオ1の4兆2,500億円（太破線）の差で2,060億円である¹¹。これに対して、民間資本ストックへの復旧政策の実施により、生産額は4兆3,440億円（シナリオ2、太実線）で1,240億円の生産が回復している。2012年の生産回復効果は780億円である。復旧政策の効果は、単年にとどまらず、年々小さくなるものの、その後も2021年までの総生産損失額の42.2%にあたる5,050億円の生産を回復させる。ただし、期間を通じて震災の影響は残り、ベースケースに比べ、震災発生5年後の2016年では570億円（1.3%）、10年後の2021年で320億円（0.8%）下振れする。したがって、現行の民間資本ストックへの復旧政策だけでは、震災発生5年後の2016年だけでなく、10年後の2021年でも同産業の生産が震災の起こらなかった場合の水準に戻らない。

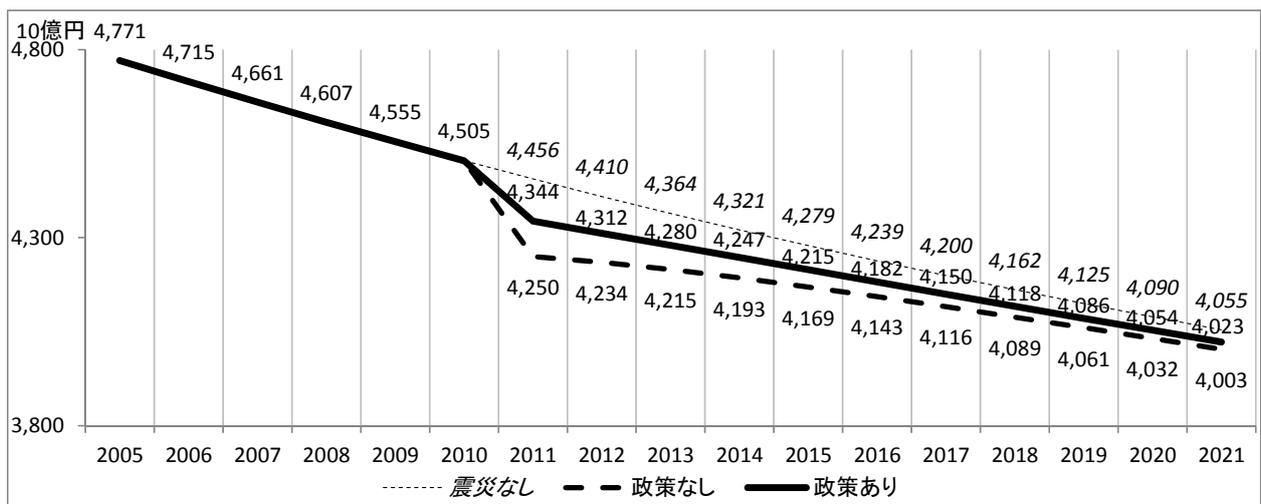


図6 漁業と水産加工業における現行政策の生産回復効果の推移

次に、個別の業種における復旧政策による生産回復効果についてみていく。図7に示す海面漁業では、復旧政策の効果は2011年が300億円、2012年が240億円である。現行政策は、海面漁業において2021年までの10年間の生産損失の32.9%にあたる1,390億円分の生産を回復させる効果がある。

¹¹ 四捨五入のため、表3と図6から図13の値は一致しない箇所がある。

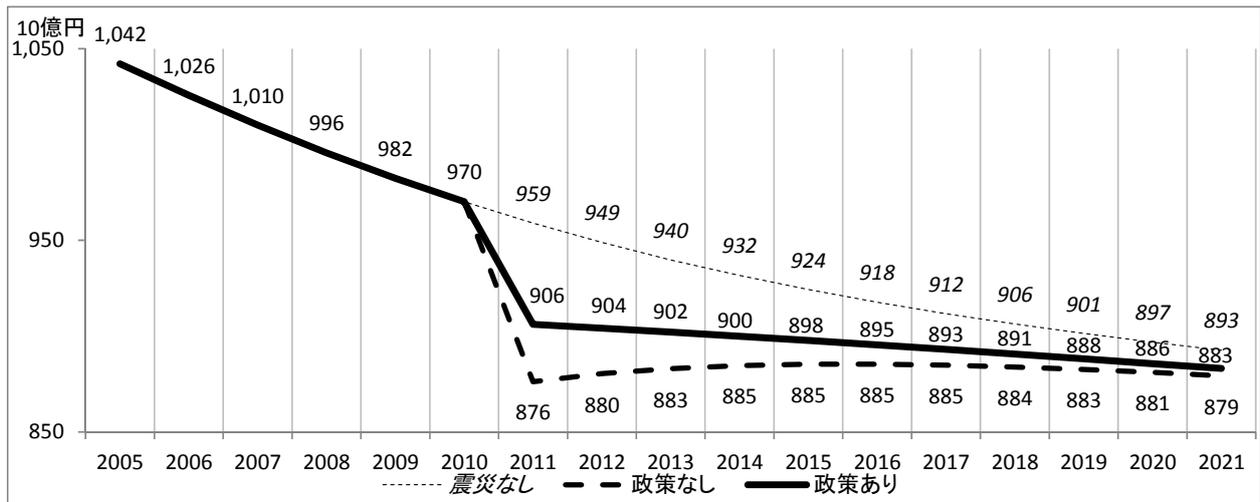


図 7 海面漁業における現行政策の生産回復効果の推移

生産回復には、資本ストック需要と投資間の価格メカニズムを経たものと政策を経たものの2つがある。海面漁業での結果は、これらを顕著にみることで、ここで説明したい。まず、価格調整メカニズムの中での資本ストックの回復は、シナリオ1の生産額(太破線)の2011年から2014年の右上がり傾向に表れている。これには、次のようなメカニズムが働いている。震災による資本ストックの突発的な減失で、海面漁業の生産者による資本ストックに対する投資需要が高まり、資本の高い利回り率が示される。これは、資本ストックの減少で当該財の供給が減り、市場での財の価格が上昇することで、その業種での生産インセンティブが高まり、生産者がそれに必要な資本を得ようとするためである。投資がそれに応じて増加した結果、同業の資本ストックは急速に増加する。この増加率は、2011年から2014年までは震災以前から続く資本ストックの下降トレンドを上回り、生産額は上昇傾向にある。

一方、政府による復旧の実施を想定しているシナリオ2(太実線)は、復旧政策を行わない場合のシナリオ1(太破線)の生産水準自体が押し上げられる形になっており、これが政策による回復分である。ただし、同業での資本ストックの需要を政府が補うためシナリオ2の生産変化はシナリオ1と異なる。前述の投資メカニズムの中で資本ストックの利回り率はシナリオ1よりも低くなり、投資もシナリオ1ほど増加しない。これにより、資本ストックの増加率は、震災以前からの下降トレンドを相殺する程度であり、結果として生産は微減傾向を示す。

このような過程を経て、震災後10年までに、海面漁業において現行の民間資本ストックの復旧政策は、震災による損失した生産の3割強を回復させる効果があるものの、生産水準は期間を通じて震災がなかった場合の水準には至らない。

図8は、海面養殖業における現行の復旧政策の生産回復状況を示している。これによると、同業種での復旧政策は、2011年に380億円、2012年に340億円、2021

年までに 2,560 億円の生産回復に寄与する。これは損失全体の 66.6%にあたり、本稿で対象にしている漁業と水産加工業の業種の中で最も高い。これは、表 3 に示したように同業種への被害に対する予算率が高いためである。海面漁業で述べた価格調整メカニズムも同様に働くが、シナリオ 1 で生産水準が一貫して増加する傾向が異なる。これは、震災以前の海面養殖業の生産縮小率は他の業種より最も低く、消失した民間資本ストックに対する投資メカニズムでの資本ストックの増加率が同業の下降トレンドを上回るためである。ただし、2021 年までみると、海面漁業と同様に、震災がなかった場合の生産水準（ベースケース：細破線）に対して、2016 年で 2.7%の 110 億円、2021 年で 1.9%の 80 億円分の生産が失われた状態が続く。

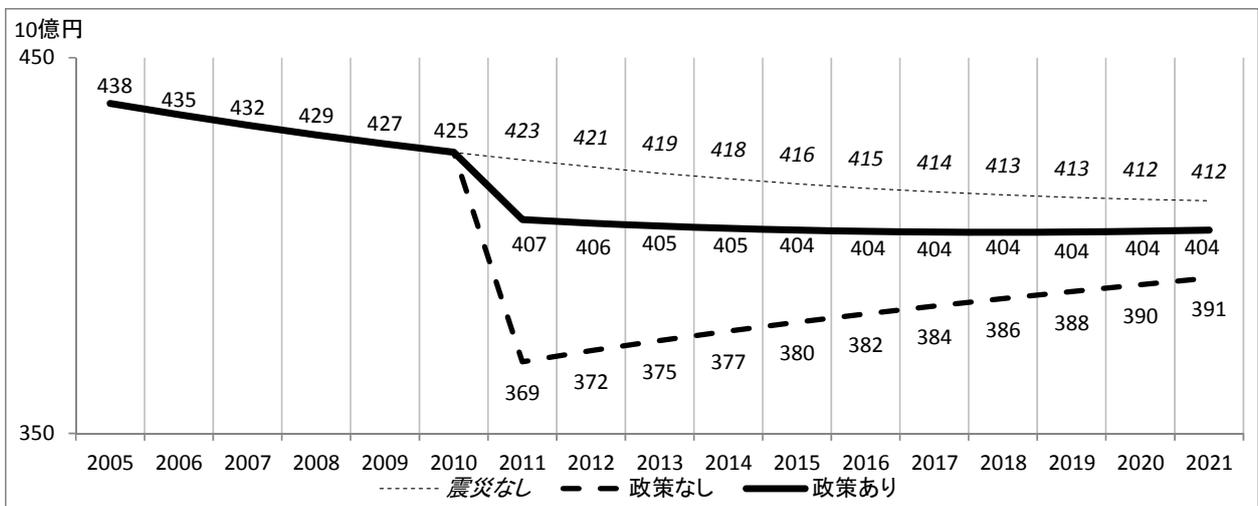


図 8 海面養殖業における現行政策の生産回復効果の推移

図 9 は、冷凍魚介類製造業における各シナリオでの生産額の推移を示している。これによると、復旧政策による生産効果は、2011 年で 190 億円、2012 年で 150 億円であり、2021 年までに生産損失の 30%にあたる 770 億円の生産回復に寄与する。ただし、震災がなかった場合に対して、2016 年で 1.1%の 140 億円、2020 年で 0.7%の 80 億円分の生産水準が下回る。また、漁業関連の業種よりも被害に対する予算率が小さいため、復旧政策による生産回復の押し上げ効果は長続きせず、時間を経るごとに政策が実施されなかった場合のシナリオ 1 の生産水準と実施された場合のシナリオ 2 の生産水準と同程度になる。同業種は、漁業と水産加工業で最も大きな生産規模を持っているので、これらの結果は図 6 での傾向にも大きく反映している。

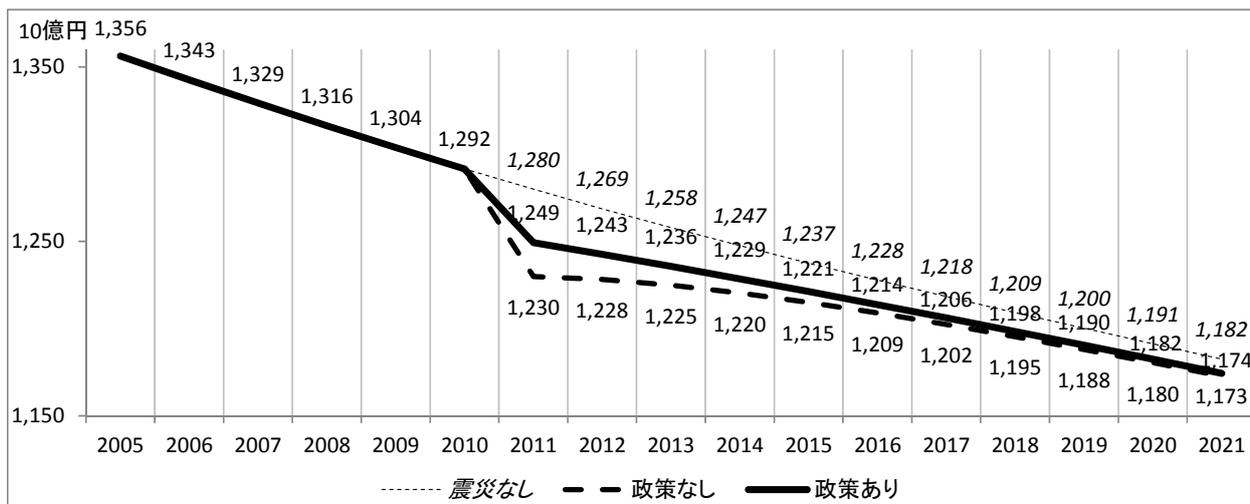


図 9 冷凍魚介類製造業における現行政策による生産回復効果の推移

塩・干・くん製品製造業の状況を示す図 10 でも同様のことがいえる。同業種では、復旧政策は 2011 年に 30 億円、2012 年に 20 億円、2021 年までの全期間の損失の 26.6%にあたる 100 億円の生産回復に寄与する。ただし、現行政策による生産回復の効果は 2018 年あたりまでであり、それ以降は政策がなかった場合と同じ生産水準で推移する。

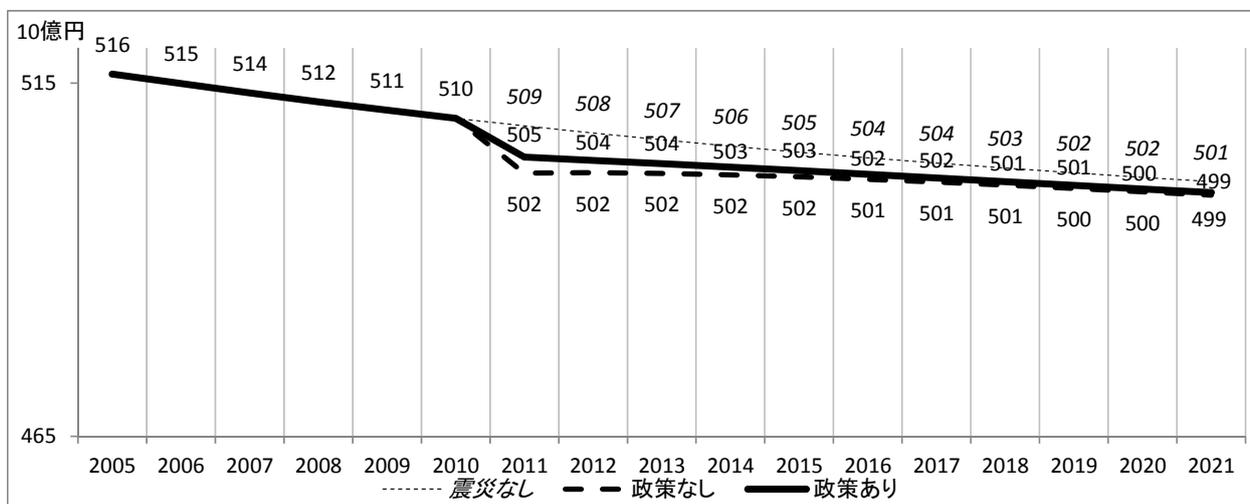


図 10 塩・干・くん製品製造業における現行政策の生産回復効果の推移

水産びん・缶詰製造業（図 11）とねり製品製造業（図 12）は、全国レベルで見ると比較的被害が軽微であった業種であったため、現行の復旧政策でこれらの業種では 2011 年には震災がなかった場合の生産水準に戻る。ただし、震災以前からの資本ストックの縮小傾向は続くと仮定しているため、長期的水準としては減少傾向が続く。

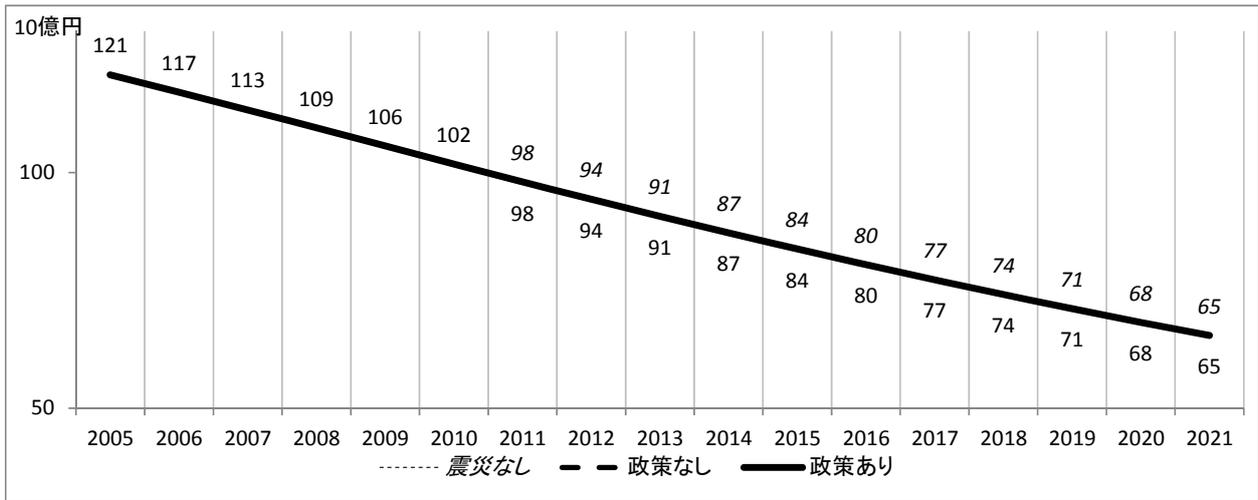


図 11 水産びん・缶詰製造業における現行政策の生産回復効果の推移

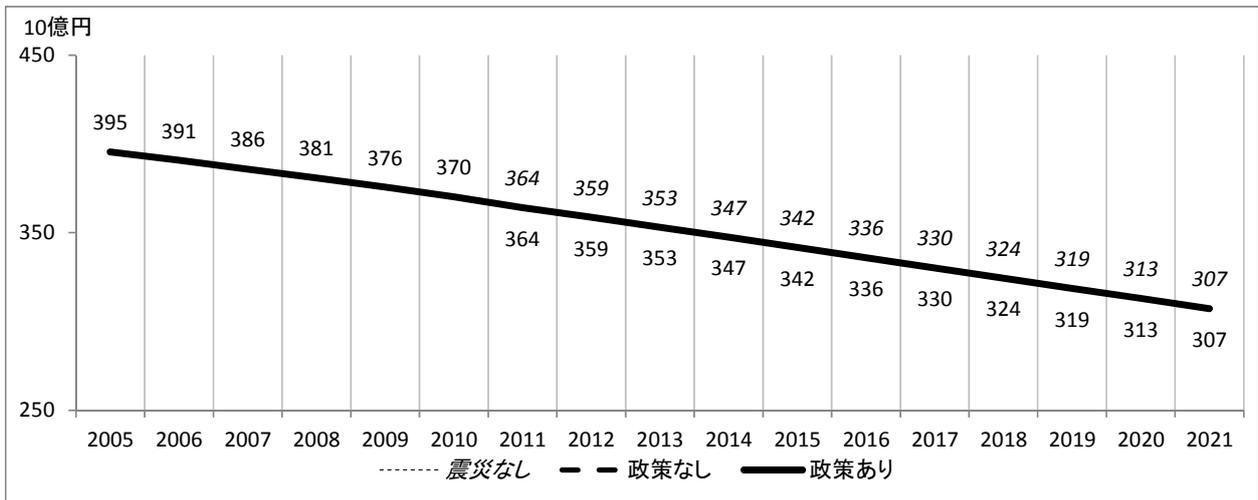


図 12 ねり製品製造業における現行政策の生産回復効果の推移

図 13 に示すその他の水産食料品製造業における復旧政策の生産回復効果は、2011 年は 50 億円、2012 年は 30 億円、2021 年までの累積では生産損失の 24.5% にあたる 220 億円である。他の業種と同様に 2021 年までに震災がなかった場合の生産水準には戻らず、政策が行われなかったシナリオ 1 と同程度の水準で推移する。

このように、民間資本ストックに対して行われている現行の復旧政策は、漁業関連の業種では一定の生産回復の効果を持つが、10 年後の 2021 年でも震災がなかった場合の生産水準には戻らない。一方で、水産加工業の冷凍魚介類製造業、塩・干・くん製品製造業及びその他の水産食料品製造業では、政策効果は 2021 年までには薄れ、復旧政策が行われなかった場合と同程度のベースケースを下回る生産水準で推移する。

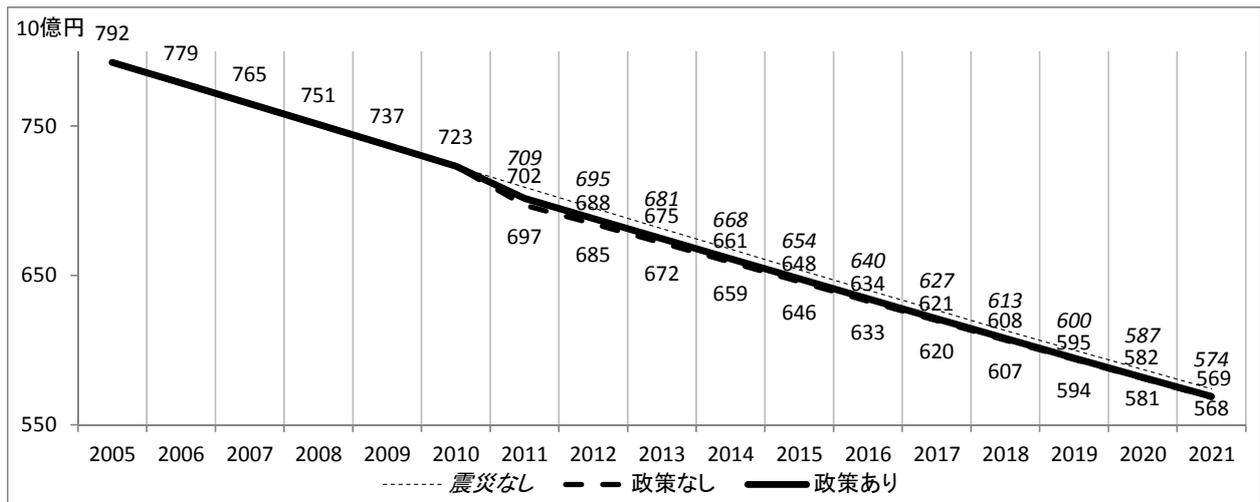


図 13 その他の水産食品製造業における現行政策の生産回復効果の推移

6. 2016年復旧を目標とした生産回復のためのシミュレーション

前節で述べたように、現行の漁業と水産加工業の民間資本ストックに対する復旧政策では、震災発生10年後でも震災がなかった場合の生産水準には戻らない。一方、1993年の北海道南西沖津波地震で被害を受けた奥尻島の水産業では、発生5年後に完全復興が宣言されている。そこで、本節では、震災から5年後の2016年での生産回復を目指すのに必要な政策についてシミュレーションを試みる。

(1) シミュレーション・シナリオ

2016年までに震災が起こらなかった場合（ベースケース）の生産水準に到達する方法として次の2点に着目する。1つは資本ストックの追加支援であり、もう1つは生産性の上昇である。前者では、2016年にベースケースの生産水準に戻せるだけの民間資本ストックの復旧を政府が追加的に行い、到達した時点で終了することを想定する。これにより必要な民間資本ストック復旧額を試算する。後者のシナリオでは、前田・嘉田[12]や八田・高田[6]が指摘するように、ICT技術の活用によるトレーサビリティの実現や家計への供給迅速化、他産業との連携向上等が実現することで漁業と水産加工業の生産性向上を想定している¹²。また、生産性の向上が特定の時点で突如止まると考えるのは不自然なので、2016年以降も継続的な生産性向上

¹² 生産性向上は生産量の増加と付加価値の増大をもたらすが、筆者らは付加価値の増加が望ましいと考える。そこで、シミュレーションでは、付加価値となる合成生産要素の生産関数のパラメータを変化させている。生産量の増加に関しては、これまでも特に漁業において資源管理制度に関する問題としても指摘されている。漁業における漁獲高の増加を追求することによる環境への影響や売上高との関係は前田・嘉田[12]、持続可能な生産として資源管理の重要性については前田・嘉田[12]、八田・高田[6]、片野[10]を参照されたい。

を想定する。

(2) 民間資本ストックへの追加支援額の試算

図 14 は、2016 年の漁業と水産加工業の生産額がベースケースの生産水準に回復するまで、民間資本ストックの復旧を追加的に行った場合の生産額の推移を示している。2016 年までは、民間資本ストックの追加復旧のため生産額は上昇するが、2017 年以降はベースケースと同様の推移をする。これは、前節のシミュレーションと同様に資本ストックの縮小傾向が続くことを想定する中で、追加復旧中はその傾向を上回る資本供給により生産額が増加するが、追加復旧が終了すれば生産縮小傾向がそのまま反映されるためである。

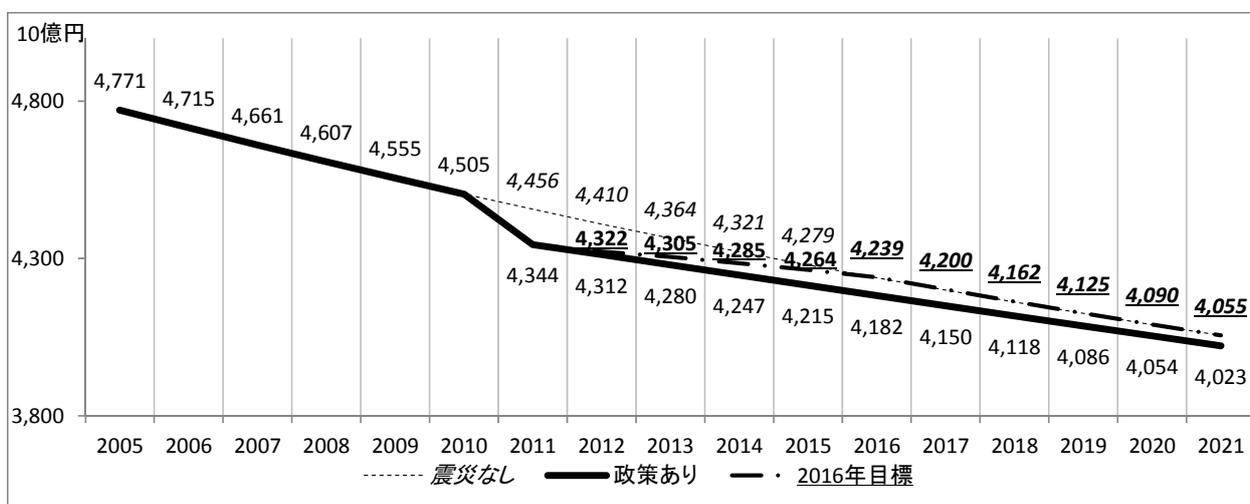


図 14 2016 年を目標とした民間資本ストックへの追加支援による生産額の推移

表 5 は、2016 年に漁業と水産加工業の生産額がベースケースの生産水準に回復するために必要な民間資本ストック復旧額の試算結果である。これによると、2013 年から 2016 年に 2011 年度と 2012 年度の漁業と水産加工業の施設に対する予算 2,232 億円の 1.3 倍である 2,968 億円必要である。業種別の追加必要額は、海面漁業では現行の 85% の 616 億円、海面養殖業では現行の 26% の 264 億円であり、漁業関連の業種の民間資本ストック復旧への追加額はいずれも 2011 年から 2012 年にかけて行われた復旧額より低い。特に、海面養殖業は現行でも他の業種と比べて比較的高い復旧支援がなされているので、追加額は水産加工業の業種より低い。他方、民間資本ストックの被害に対する現行での復旧額が少ない水産加工業では、現行の 4.2 倍の 2,088 億円が必要である。このように、2016 年の復旧を目標とした民間資本ストックの復旧は、水産加工業を重点的に行う必要がある。

一方で、資本ストックの被害額に対する復旧に必要な金額の比率は、海面漁業が 73%、海面養殖業が 95%、水産加工業が 90% である。これは、漁業と水産加工業での震災以前から続く生産縮小傾向によるところが大きい。したがって、今後も同産

業で生産縮小が続く場合は、民間資本ストックを震災以前の水準まで戻す必要がないことを示している。

表 5 2016年復旧を目標とした民間資本ストックへの復旧追加額の試算結果

		民間資本ストック復旧の必要額							(単位:億円)		
		現行			追加				民間資本 ストック 被害額		
		2011	2012	小計	2013	2014	2015	2016		小計	
漁業	海面漁業	633	88	721	157	155	153	151	616	1,337	1,822
業	海面養殖業	941	67	1,008	68	67	65	64	264	1,272	1,335
	水産加工業	470	33	503	538	527	516	506	2,088	2,591	2,888
	合計			2,232					2,968	5,200	6,045

(3)生産性上昇による試算

図 15 は、2016年復旧を目標として漁業と水産加工業の全要素生産性（TFP）を上昇させた生産額の推移である。これまでのすべてのシミュレーション結果と異なり、生産額は目標とした2016年以降も震災がなかった場合の水準を上回る。このために必要なTFPの上昇率は、海面漁業と養殖業が年率0.8%、その他の水産食品製造業が0.2%、冷凍魚介類製造業が0.15%である。このように2016年の復旧を漁業と水産加工業全体で目標とした場合、漁業を中心にした生産性上昇が重要である。

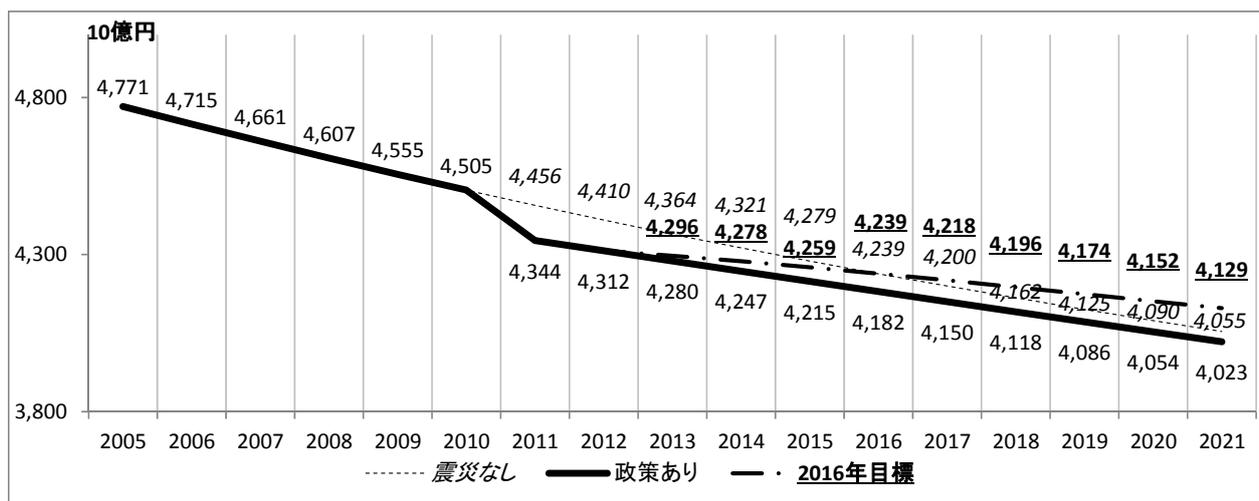


図 15 2016年復旧目標とした生産性向上による漁業と水産加工業の生産額の推移

一方で、生産額はベースケースより緩やかではあるが低下傾向にある。これについて図 16 で漁業と水産加工業別に生産額をみていくと、漁業（[a]）では2016年以降も上昇傾向が続く一方で、水産加工業（[b]）ではベースケースに比べて低

下の程度が緩やかになるだけであり傾向自体は継続する。

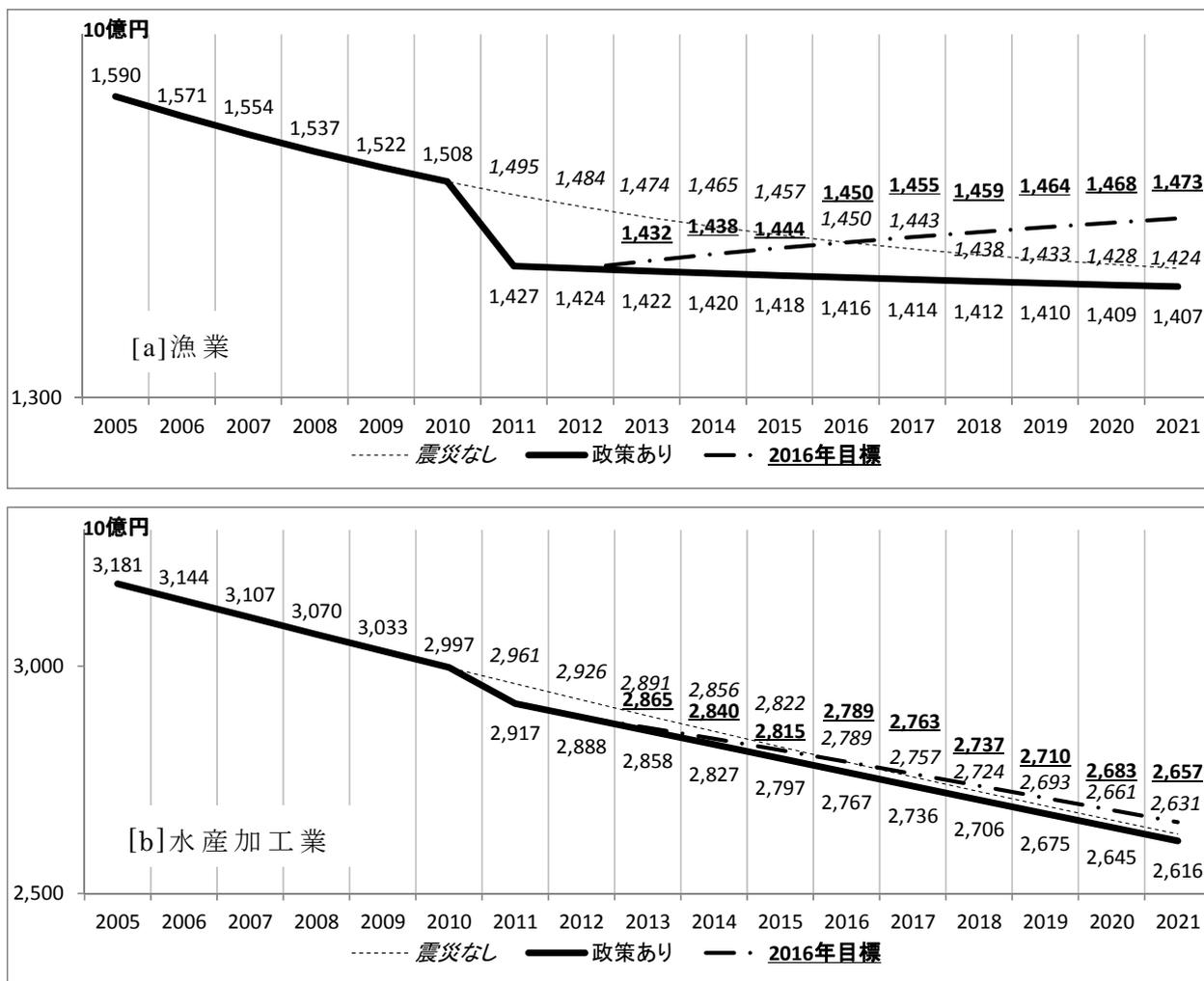


図 16 2016年復旧を目標とした生産性向上による産業別の生産額の推移

生産損失が生じていた2012年とベースケースの2016年の生産水準を比較すると、漁業では2012年の生産水準が2016年の生産水準を下回るが、水産加工業では2012年のほうが高い水準にある。このため、2016年の復旧完遂を第一義とする場合は、水産加工業では漁業ほど生産性向上は必要ない。このため、漁業では生産性向上分が生産縮小傾向を上回り、生産水準は上昇基調になるが、水産加工業での生産性向上分は生産縮小トレンドを上回るほどではないので、結果として生産の低下傾向は継続する。また、水産加工業の結果には川上の漁業の生産上昇の効果も含まれているが、その効果は水産加工業の生産の低下傾向を上昇に転じさせるほどではない。

このように、水産加工業だけでなく、漁業と合わせた全体でも震災復旧を目標とした生産性上昇では、長期的に持続可能な産業としては不十分である。これは、漁業や水産加工業を主産業とする地域経済の持続性にも影響する。したがって、

漁業では復旧を目標に、水産加工業では復旧を越えた生産水準を目標にした生産性の大幅な上昇が不可欠である。

7. 政策的インプリケーションと結論

日本の漁業と水産加工業は、東日本大震災以前より生産額だけでなく、労働や資本ストックといった生産要素自体が長期的に減少しており、構造的な問題が内在していた。こうした中で、2011年の東日本大震災での地震と津波によって、漁業と水産加工業の資本ストックは過去に例がないほど多大な損害を被った。本稿では、現行の復旧政策とともに、回復水準を目標にした資本ストック復旧と生産性向上による生産回復効果について、大震災以前から続く漁業と水産加工業の長期的な衰退傾向を加味してシミュレーションを行った。本節では、その結果から得た政策的インプリケーションと結論を述べたい。

(1)政策的インプリケーション

本稿の分析によって得た政策インプリケーションは、次の3つである。

第1に、現行の復旧政策での漁船や施設の復旧支援は、生産回復として一定の効果はあるものの、震災後10年の2021年でも震災がなかった場合を想定する生産水準への到達には不十分である。

第2に、資本ストックの復旧のみでは、漁業と水産加工業が持続可能な産業として生産活動を続けていくことは困難である。シミュレーション結果では、復旧政策が終了したと同時に震災以前からの生産水準の下降基調が顕在化した。これは、大震災以前から続いている両産業の生産性の低さや労働者の高齢化など構造的な問題が解消されないためである。漁船や養殖施設、加工施設を震災以前の状態に戻したとしても、漁業や水産加工業で生産減少傾向が続くならば、それらに依存する沿岸部の地域経済の永続性にも影響する。

そして、第3の政策的インプリケーションは、我が国において漁業と水産加工業が持続可能な生産活動であるためには、生産性上昇に関わる施策が不可欠であるということである。シミュレーション結果では、漁業と水産加工業における生産性を上昇させた場合、震災がなかったことを想定する生産水準を継続的に上回った。八田・高田[6]や前田・嘉田[12]は、大震災以前より我が国の漁業では、海面漁業での適切な資源管理や養殖業を中心とした生産性向上が急務であることを指摘している。本稿の結果は、これらに対してモデルを用いた定量的な分析として支持するものである。また、水産加工業に関する生産性の向上については、片野[10]が優先順位は漁業からとしながらもその必要性を述べている。本稿の結果は

この指摘も支持する。

ただし、業種別の生産性向上の程度は、漁業は復旧を目標に、水産加工業では復旧以上を目標にする必要がある。前述のシミュレーション結果を業種別にみると、漁業での生産水準は上昇基調になったが、漁業の2倍の生産規模である水産加工業では生産縮小が続いた。このシミュレーション・シナリオでの生産性上昇率は、2016年の復旧を目標にして設定した。したがって、漁業は復旧を目標にして生産水準の長期的衰退傾向を上昇に転じることができるが、水産加工業では不十分であり、震災がなかった場合の生産水準に回復させる以上の生産性向上が必要であるといえる。

個別の生産性向上の方法に言及することは、本稿の分析範囲を超えるが少しふれておきたい。漁業と水産加工業の間には、原材料を通じた供給リンクが形成されている。復興計画の中には、水産物を鮮魚として供給するだけでなく、加工品として付加価値を付けることも進められているものもある。さらに、異業種が持つ販売ネットワークやICT技術を活用した幅広く柔軟な供給管理の導入などもある。これらの実現には、各業種内や業種間での財、サービス及び情報の迅速かつ弾力的なやり取りが求められる。その中で水産物のサプライチェーンを構成する主体が自律した関係を維持するためには、それぞれに高い生産性が必要である。今後、漁業と水産加工業が持続可能な産業として存続するためには、このような双方の生産性を同時に高める効率的な水産クラスターの構築が不可欠である。

こうした取り組みは、前述のように復興施策として始まっている。しかしながら、漁業と水産加工業の長期的な衰退は全国的なものである。両産業を持続可能な生産活動にするためには、被災地域だけの復興目的とした生産性上昇だけでなく、他の地域でも同様に進めることも、本稿でいう「復旧目標以上の生産性向上」の1つである。

(2) 結論

本稿の目的は、動学的一般均衡モデルを用いて、東日本大震災による漁業と水産加工業での復旧政策の評価分析を行うことであった。この中で、現行政策による生産回復効果とともに、震災発生5年後の2016年に両産業の復旧に必要な民間資本ストック額と生産性向上の効果について分析を行った。

その結果、現行政策では2021年までの総生産損失額の42.2%の生産回復効果があるが、震災発生の5年後の2016年では1.3%、10年後の2021年で0.8%の生産損失が残る。このように、現行政策では2021年においても震災が起らなかった場合の生産水準まで回復するには不十分である。また、業種別にみると、漁業の川下にあたる水産加工業のすべての業種で生産の損失率の方が資本ストックの被害率よりも大きかった。これは、大震災による資本ストック消失による当該生産活動の直接的な被害だけではなく、供給リンクの中で増幅する間接的な生産

損失も含めた評価分析の重要性を示している。

また、1993年の奥尻島の水産業を参考に、震災発生5年後での生産回復に必要な民間資本ストック復旧額を試算すると、現行政策の1.3倍必要であった。このうち、漁業関連の業種の民間資本ストック復旧への追加は、現行政策の予算額に対して海面漁業が85%、海面養殖業が26%であり、いずれも2011年から2012年にかけて行われた復旧額より低い。他方、民間資本ストックの被害に対する現行での復旧額が少ない水産加工業での試算額は現行の4.2倍であった。このように、2016年復旧を目標とした民間資本ストックの復旧は、水産加工業を重点的に行う必要がある。ただし、資本ストックの被害額に対する復旧に必要な金額の比率をみると、それぞれ海面漁業が73%、海面養殖業が95%、水産加工業が90%であった。これらの結果は、今後も震災以前からの漁業と水産加工業の生産縮小傾向が続く場合、復旧後の民間資本ストックは震災以前の水準を下回ることを示している。

2016年の復旧を目標に漁業と水産加工業の生産性を上昇させると、他のシナリオとは異なり、2016年以降も震災がなかった場合の生産水準を上回った。ただし、両産業全体での生産低下傾向は継続した。これは、漁業での生産水準は上昇基調になったが、漁業の2倍の生産規模である水産加工業では生産縮小が続くためである。したがって、漁業と水産加工業が持続可能な生産活動を行うためには、漁業は復旧を目標に、水産加工業は復旧以上の生産水準を目標に生産性向上を図る必要がある。

最後に、残された課題を整理したい。本稿は、東日本大震災における経済的影響や生産回復に対する政策について、漁業と水産加工業を詳細にし、全国レベルで評価分析した。現実には、被害が大きかった地域があることから、それらの地域に特化した分析が今後の課題である。また、八田・高田[6]をはじめ我が国漁業の問題として多くで指摘される資源管理は、中長期の安定した漁業活動のために直近での生産抑制が必要であるが、本稿での分析ではこの点を表現していないので、今後の課題として残る。さらに、水産加工業においては復旧目標では生産縮小傾向を抑えられないことがわかった。同産業での他産業との連携や輸出戦略を考えるうえで、これらの効果に関する分析が必要である。

参考文献

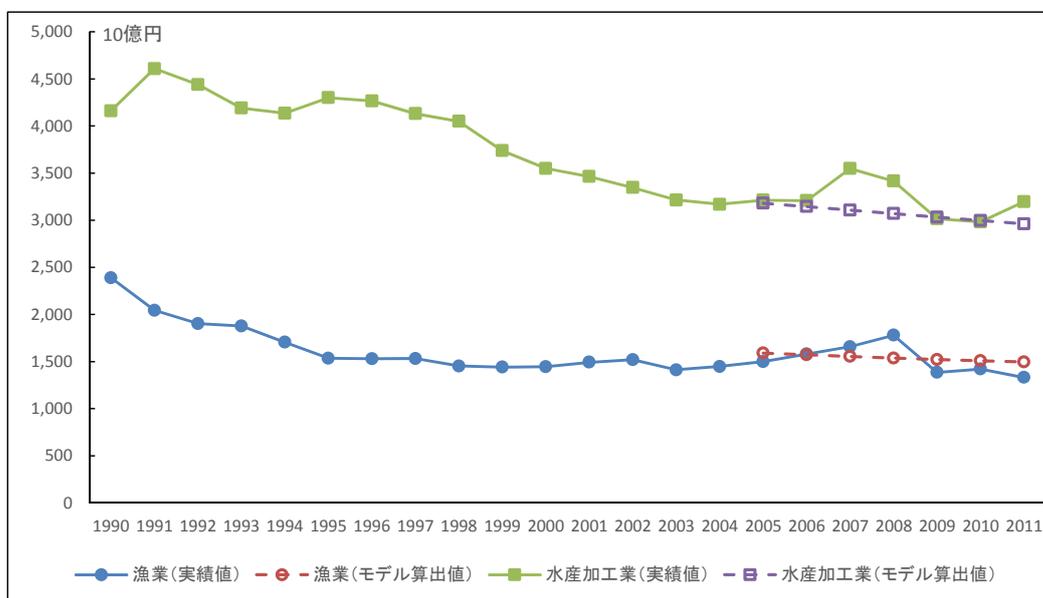
- [1] Armington, P. S. (1969), "A theory of demand for products distinguished by place of production," *International Monetary Fund Staff Papers*, 16 (1), pp.159-178.
- [2] 伴金美 (2007)、「日本経済の多地域動学的応用一般均衡モデルの開発 Forward Looking の視点に基づく地域経済分析」、RIETI Discussion Paper Series 07-J-043.
- [3] Diao, X., (2009), "Economywide Impact of Avian Flu in Ghana: A Dynamic CGE Model Analysis," Discussion paper 866, IFPRI.

- [4] Dixon, P.B., and Rimmer, M.T. (2002), “Dynamic General Equilibrium Modeling for Forecasting and Policy- A Practical Guide and Documentation of MONASH,” In R. Blundell, R.Caballero, J.-J. Laffont and T. Persson (eds.), *Contributions to economic analysis*, Vol.256, North-Holland, Amsterdam.
- [5] Hallegatte, S. and Prsyuski, V. (2010), “The Economics of Natural Disaster : Concepts and Methods,” Policy Research Working Paper 5507, World Bank
- [6] 八田達夫・高田眞（2010）、『日本の農林水産業』、日本経済新聞社。
- [7] 林田元就・浜瀉純大・中野一慶・人見和美・星野優子（2011）、「東日本大震災のマクロ経済影響について－電中研マクロ計量経済モデルによる試算－」、(財)電力中央研究所社会経済研究所『SERC Discussion Paper』、SERC 11024。
- [8] 細江宣弘・我澤賢之・橋本日出男（2004）、『応用一般均衡モデリング：プログラムミムからシミュレーションまで』東京大学出版会。
- [9] 岩城秀裕・是川 夕・権田 直・増田幹人・伊藤久仁良（2011）、「東日本大震災によるストック毀損額の推計方法について」、経済財政分析ディスカッション・ペーパー、DP/11-01。
- [10] Lofgren, Hans, Rebecca L. Harris and Sherman Robinson (2002), “A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS,” Microcomputers in Policy Research 5, International Food Policy Research Institute.
- [11] 片野歩（2012）、『日本の水産業は復活できる！』、日本経済新聞出版社。
- [12] 前田久平・嘉田良平編著（2004）、『海と人間：21世紀の学際的研究』、多賀出版。
- [13] Okuyama, Y. (2004) , “Modeling spatial economic impacts of an earthquake: Input - output approaches. ” *Disaster Prevention and Management*, 13 (4), 297-306.
- [14] 沖山充・徳永澄憲・阿久根優子（2012）、「東日本大震災の被災地域への負の供給ショックと復興の経済波及効果に関する乗数分析－2地域間SAMを用いて－」、RIETI Discussion Paper Series 12-J-024。
- [15] Rose, A., and Liao, S. - Y. (2005) , “ Modeling regional economic resilience to disasters: A computable general equilibrium analysis of water service disruptions, ” *Journal of Regional Science*, 45, 75-112.
- [16] Shibusawa, H., Yamaguchi, M., and Miyata, Y. (2009), “Evaluating the Impacts of a Disaster in the Tokai Region of Japan: A Dynamic Spatial CGE Model Approach,” *Studies in Regional Science*, Vol. 39, No. 3 , 539-551.
- [17] 水産庁『平成 24 年度 水産白書』
(http://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2012/index.html)
- [18] Thurlow, J. (2010), “Implications of Avian Flu for Economic Development in Kenya”, IFPRI Discussion paper 00951.

- [19] 徳井丞次・荒井信幸・川崎一泰・宮川 努・深尾京司・新井 園枝・枝村一磨・児玉 直美・野口 尚洋 (2012)、「東日本大震災の経済的影響－過去の災害との比較、サプライチェーンの寸断効果、電力供給制約の影響－」、RIETI Policy Discussion Paper Series 12-P-004.
- [20] Tsuchiya, S., Tatano, H., & Okada, N. (2007) , “Economic loss assessment due to railroad and highway disruptions, ” *Economic Systems Research*, 19 (2), 147–162.
- [21] You, L., and Diao,X., (2007), “Assessing the potential impact of avian influenza on poultry in West Africa: A spatial equilibrium analysis,” *Journal of Agricultural Economics*, 58(2), 348–367.

補論 1:モデルの再現性

ここでは、モデルの再現性について述べる。下図は、漁業と水産加工業の1990年から2011年までの生産額の実績値（実線）とモデルによる2005年以降の生産額（破線）を示している。2005年から2011年までの実績値とモデル算出値を比べると、漁業では2008年、水産加工業では2007年と2008年の生産上昇を追い切れていないが、それ以外の年ではおおむね沿っている。また、実績値とモデルの値とのかい離を示す平均絶対誤差率（MASE）は、漁業が7.8%、水産加工業が4.9%であり、おおむね良好な再現性を持っている。なお、MASEは、 $MASE = \sum_t |Y_t^{s1}/Y_t^0 - 1|/T$ であり、このうち Y_t^0 がt年の実績値、 Y_t^{s1} がシナリオ1でのt年の生産額、Tは年数を表す。MASEは値が小さいほどシミュレーションの値が小さいほど再現性が高いことを示す。



補論 2-1: 変数一覧

- 動学過程以外の部分では、期を表す t を除く。

(集合)

i	財
ins	制度 (家計、生産活動、政府、外国)
$insdng$	国内民間制度 (家計、生産活動)

(内生)

C_i	第 i 財の家計消費量
$CBUD$	家計の可処分所得
CG_i	第 i 財の政府消費量
DP_i	生産活動 i の減価償却量
E_i	第 i 輸出財の変形量

ER	為替レート
I_i	第 i 財の投資量
$INV_{i,t}$	t 期の生産活動 i における投資
$INVG_t$	t 期の政府における投資
KSK_i	生産活動 i による資本投入量
$KSKG$	政府による資本投入量
L_i	生産活動 i による労働投入量
LG	政府による労働需要量
M_i	第 i 輸入財の投入量
P_i	第 i 合成財の価格
$PCINDEX$	消費者物価指数
PD_i	生産活動 i による国内生産財の価格
PDD_i	第 i 国内財の価格
PE_i	第 i 輸出財の価格
PI	投資財の合成価格
PK_i	生産活動 i の資本の利回り率
PKG	政府の資本の利回り率
PL	賃金 ¹³
PM_i	第 i 輸入財の価格
$RINT$	実質利子率
$ROR_{i,t}$	生産活動 i における期待資本利回り率
S	国民貯蓄
SP_{insdng}	民間部門制度の貯蓄
$TAXR$	税収
$TRI_{ins\ ins'}$	所得移転
TRR_{ins}	財産所得受取
TRP_{ins}	財産所得支払
XD_i	生産活動 i による国内生産量
XDD_i	第 i 国内生産財の国内供給量
X_i	第 i 合成財の量
Y_{insdng}	民間部門制度の所得 ($insdng \in ins$)

(外生)

d_i	生産活動 i の減価償却率
dG	政府の減価償却率
KS_{ins}	資本賦存量 (固定)
LS	労働賦存量 (固定)
$PWEZ_i$	第 i 輸出財の国際価格 (固定)
$PWMZ_i$	第 i 輸入財の国際価格 (固定)
$RORN_i$	生産活動 i における標準的な利回り率 (基準年で固定)
SF	海外貯蓄 (固定)
SG	政府貯蓄 (固定)
$TRIZ_{ins\ ins'}$	制度内所得移転 (固定, 名目値)

¹³ 本モデルでは賃金をニューメレールとして扱う。

$TRRZ_{ins}$	財産所得受取（固定，名目値）
$TRPZ_{ins}$	財産所得支払（固定，名目値）

パラメータ

aA_i	第 i 合成財生産関数の規模係数
aF_i	生産活動 i における生産関数の規模係数
aT_i	第 i 変形財生産関数の規模係数
αCG_i	第 i 財の政府消費の割合係数
αKG	政府による資本消費の割合係数
αLG	政府による労働消費の割合係数
αH_i	第 i 財の家計消費の割合係数
αI_i	第 i 財の投資の割合係数
γA_i	第 i 合成財生産関数の輸入財の投入割合係数
γF_i	生産活動 i における資本の投入割合係数
γT_i	第 i 変形財生産関数の輸出財の投入割合係数
σA_i	第 i 合成財生産における輸入財と国内生産財との代替弾力性
σF_i	生産活動 i の合成付加価値生産関数における生産要素間の代替弾力性
σT_i	第 i 変形財生産における輸出財と国内生産財との代替弾力性
io_{ij}	第 i 財の国内生産における第 j 財の投入割合係数
mps	家計の貯蓄率
mpg	政府の貯蓄率
tva_i	第 i 財の間接税率
tm_i	第 i 輸入財の輸入税率
tsb_i	第 i 財の国内生産に対する補助率
mps_{insdng}	民間部門の所得税率
$K_GR_MAX_i$	生産活動 i の取りうる最高資本成長率（= $KSK_{trend_i} + 0.06$ ）
$K_GR_MIN_i$	生産活動 i の取りうる最低資本成長率（= 減価償却率の負値）
$TREND_K_i$	生産活動 i の標準的な資本成長率（= 定常状態の経済成長率）

補論 2-2：式体系

- 動学過程以外の部分では、期を表す t を除く。

国内生産

$$KSK_i = \gamma F_i^{\sigma F_i} \cdot (PK_i + d_i PI)^{-\sigma F_i} \left[\gamma F_i^{\sigma F_i} (PK_i + d_i PI)^{1-\sigma F_i} + (1-\gamma F_i)^{\sigma F_i} PL^{1-\sigma F_i} \right]^{\frac{\sigma F_i}{1-\sigma F_i}} \frac{XD_i}{aF_i} \quad (1)$$

$$L_i = (1-\gamma F_i)^{\sigma F_i} \cdot PL^{-\sigma F_i} \left[\gamma F_i^{\sigma F_i} (PK_i + d_i PI)^{1-\sigma F_i} + (1-\gamma F_i)^{\sigma F_i} PL^{1-\sigma F_i} \right]^{\frac{\sigma F_i}{1-\sigma F_i}} \frac{XD_i}{aF_i} \quad (2)$$

$$PD_i \cdot (1-ts b_i) XD_i = (1+tva_i) \left((PK_i + d_i PI) \cdot KSK_i + PL \cdot L_i \right) + \sum_j io_{ij} P_j XD_i \quad (3)$$

$$DP_i = d_i \cdot KSK_i \quad (4)$$

$$RINT = \frac{\sum_i PK_i \cdot KSK_i}{\sum_i KSK_i} \quad (5)$$

輸入と国内財の間の代替

$$XDD_i = (1 - \gamma A_i)^{\sigma A_i} \times PDD_i^{-\sigma A_i} \left[\gamma A_i^{\sigma A_i} PM_i^{1-\sigma A_i} + (1 - \gamma A_i)^{\sigma A_i} PDD_i^{1-\sigma A_i} \right]^{\frac{\sigma A_i}{1-\sigma A_i}} \frac{X_i}{aA_i} \quad (6)$$

$$M_i = \gamma A_i^{\sigma A_i} \cdot PM_i^{-\sigma A_i} \left[\gamma A_i^{\sigma A_i} PM_i^{1-\sigma A_i} + (1 - \gamma A_i)^{\sigma A_i} PDD_i^{1-\sigma A_i} \right]^{\frac{\sigma A_i}{1-\sigma A_i}} \frac{X_i}{aA_i} \quad (7)$$

$$P_i \cdot X_i = PM_i \cdot M_i + PDD_i \cdot XDD_i \quad (8)$$

輸出財と国内財の間の変形

$$XDD_i = (1 - \gamma T_i)^{\sigma T_i} \cdot PE_i^{-\sigma T_i} \left[\gamma T_i^{\sigma T_i} PE_i^{1-\sigma T_i} + (1 - \gamma T_i)^{\sigma T_i} PDD_i^{1-\sigma T_i} \right]^{\frac{\sigma T_i}{1-\sigma T_i}} \frac{XD_i}{aT_i} \quad (9)$$

$$E_i = \gamma T_i^{\sigma T_i} \cdot PDD_i^{-\sigma T_i} \left[\gamma T_i^{\sigma T_i} PE_i^{1-\sigma T_i} + (1 - \gamma T_i)^{\sigma T_i} PDD_i^{1-\sigma T_i} \right]^{\frac{\sigma T_i}{1-\sigma T_i}} \frac{XD_i}{aT_i} \quad (10)$$

$$PD_i \cdot XD_i = PE_i \cdot E_i + PDD_i \cdot XDD_i \quad (11)$$

輸出・輸入財価格と国際収支制約

$$PM_i = (1 + tm_i) ER \cdot PWMZ_i \quad (12)$$

$$PE_i = ER \cdot PWMZ_i \quad (13)$$

$$\sum_{i=1} PWMZ_i \cdot M_i = \sum_{i=1} PWEZ_i \cdot E_i + SF \quad (14)$$

政府行動

$$CG_i = \alpha CG_i \cdot [(1 + tc_i) P_i]^{-1} \left(\begin{array}{l} TAXR + PK \cdot KS_G + \sum_{ins'=1} TRI_{Gins'} + \sum_{i=1} tsb_i \cdot XD_i + TRR_G \\ - \left(\sum_{ins'=1} TRI_{ins'G} + TRP_G + PCINDEX \cdot SG \right) \end{array} \right) \quad (15)$$

$$LG = \alpha LG \cdot PL^{-1} \left(\begin{array}{l} TAXR + PK \cdot KS_G + \sum_{ins'=1} TRI_{Gins'} + \sum_{i=1} tsb_i \cdot XD_i + TRR_G \\ - \left(\sum_{ins'=1} TRI_{ins'G} + TRP_G + PCINDEX \cdot SG \right) \end{array} \right) \quad (16)$$

$$KSKG = \alpha KG \cdot ((PKG + dG) PI)^{-1} \left(\begin{array}{l} TAXR + PK \cdot KS_G + \sum_{ins'=1} TRI_{Gins'} + \sum_{i=1} tsb_i \cdot XD_i + TRR_G \\ - \left(\sum_{ins'=1} TRI_{ins'G} + TRP_G + PCINDEX \cdot SG \right) \end{array} \right) \quad (17)$$

$$SG = mpg \cdot TAXR \quad (18)$$

$$TAXR = \sum_i (tva_i ((PK_i + d_i) PI \cdot KSK_i + PL \cdot L_i) + tm_i \cdot PM_i \cdot M_i) + \sum_{insdng} ty_{insdng} \cdot Y_{insdng} \quad (19)$$

投資と貯蓄

$$S = \sum_{insdng} SP_{insdng} + PCINDEX \cdot SG + \sum_i DP_i \cdot PI + ER \cdot SF \quad (20)$$

$$I_i = \alpha I_i \cdot [(1 + tc_i) P_i]^{-1} \cdot S \quad (21)$$

家計行動

$$C_i = \alpha H_i [(1 + tc_i) P_i]^{-1} \cdot Y_H \quad (22)$$

民間行動

$$SP_{insdng} = mps_{insdng} (1 - ty_{insdng}) Y_{insdng} \quad (23)$$

所得関連

$$Y_{insdng} = PK \cdot KS_{insdng} + PL \cdot LS_{insdng} + \sum_{ins'} TRI_{insdng ins'} + TRR_{insdng} \quad (24)$$

$$CBUD = (1 - ty_H) Y_H - (TRP_H + \sum_{ins'} TRI_{ins' H} + SH) \quad (25)$$

市場均衡条件

$$\sum_{i=1} K_i + KG = \sum_{insd} KS_{insd} \quad (26)$$

$$\sum_{i=1} L_i + LG = \sum_{ins} LS_{ins} \quad (27)$$

$$X_i = C_i + I_i + CG_i + \sum_j io_{ij} XD_j \quad (28)$$

定義

$$TRI_{ins ins'} = PCINDEX \cdot TRIZ_{ins ins'} \quad (29)$$

$$TRR_{ins} = PCINDEX \cdot TRRZ_{ins} \quad (30)$$

$$TRP_{ins} = PCINDEX \cdot TRPZ_{ins} \quad (31)$$

$$PCINDEX^t = \frac{\sum_{i=1} P_{i,t} \cdot C_i^0}{\sum_{i=1} P_i^0 \cdot C_i^0} \quad t = 0, 1 \quad (32)$$

動学過程

$$ROR_{i,t} = -1 + \frac{PK_{i,t}/PI_t + (1 - d_i)}{1 + RINT_t/PCINDEX_t} \quad (33)$$

$$INV_{i,t} = KSK_{i,t} \left\{ \left[\frac{\alpha ROR_{i,t} \cdot K_GR_MAX_i (TREND_K_i - K_GR_MIN_i) + K_GR_MIN_i (K_GR_MAX_i - TREND_K_i)}{\alpha ROR_{i,t} (TREND_K_i - K_GR_MIN_i) + (K_GR_MAX_i - TREND_K_i)} \right] + 1 \right\} - (1 - d_i) KSK_{i,t} \quad (\alpha ROR_{i,t} = \exp(C_i (ROR_{i,t} - RORN_i))) \quad (34)^{14}$$

¹⁴ モデル内の式(34)は、式(4-1)と式(4-3a)を投資 ($INV_{i,t}$) について整理し表記したものである。まず、式(4-1)を投資について整理し、t+1期の資本ストックをt期の資本ストックとその成長率 ($K_GR_{i,t}$) を用いると次のとおりである。

$$INV_{i,t} = KSK_{i,t} (K_GR_{i,t} + 1) - (1 - d_i) KSK_{i,t} \quad (4-1')$$

また、式(4-2b)の利回り率 ($ROR_{i,t}$) と式(4-3a)の均衡利回り率 ($EQEROR_{i,t}$) が等しいところで均衡するので、均衡利回り率を利回り率に書き換え、成長率について整理すると式(4-3a')のように表される。

$$KSK_{i,t+1} = (1 - d_i)KSK_{i,t} + INV_{i,t} \quad (35)$$

$$INVG_t = \sum_i I_{i,t} - \sum_i INV_{i,t} \quad (36)$$

$$KSKG_{i,t+1} = (1 - d_i)KSKG_{i,t} + INVG_t \quad (37)$$

$$\begin{aligned} & K_GR_{i,t} \\ &= \frac{e^{c_i(ROR_{i,t} - RORN_i)} \cdot K_GR_MAX_i (TREND_K_i - K_GR_MIN_i) + K_GR_MIN_i (K_GR_MAX_i - TREND_K_i)}{e^{c_i(ROR_{i,t} - RORN_i)} (TREND_K_i - K_GR_MIN_i) + (K_GR_MAX_i - TREND_K_i)} \quad (4-3a') \end{aligned}$$

式(4-1')に式(4-3a')を代入すると式(34)になる。