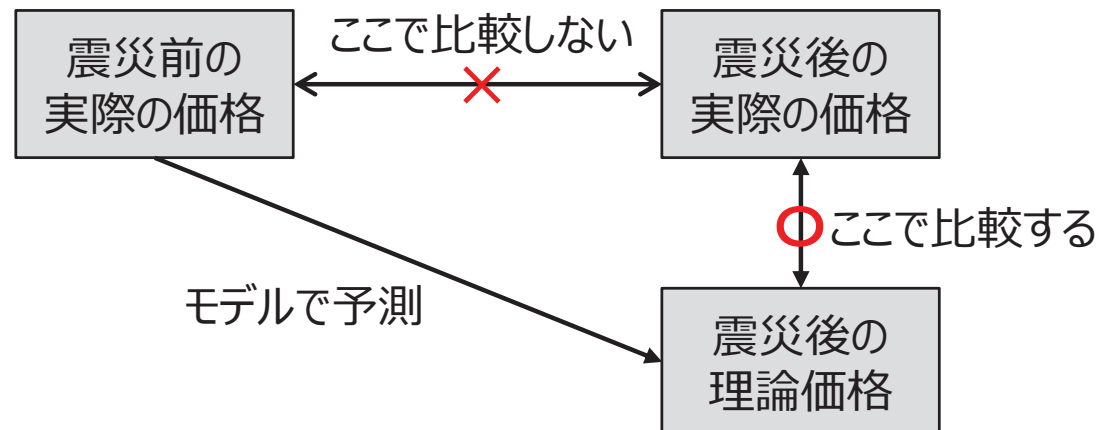

(別添5) 《参考》 価格分析結果報告書

福島県産品の価格が震災前の水準に回復しているかを判断するために、価格予測モデルを構築して分析を行う。

- 福島県産品の単価の推移は卸売市場のデータから把握できるが、それだけで価格が回復したとは判断できないという意見があがっている。
 - 直近の単価がよく見えても、たまたま他産地の出荷量が少ないなど、販売環境が良かっただけという可能性がある
 - 価格が上昇トレンドの品目では、震災前と同じ価格水準になっていても回復したとはいえない
- そこで、以下の方法で価格の回復状況について分析を行う。
 - 震災前のデータで価格を説明するモデルを作る（価格を説明する数式を作る）
 - モデル式を用いて、妥当と考えられる価格（理論価格）を推定する
 - 推定した理論価格と、実際の震災後の価格を比較し、価格の回復状況を分析する



農林水産省、東京都、農畜産業振興機構が公開する取引データを用いて、震災後の理論価格を計算するためのモデルを構築した。

- 震災前のデータを用いて、線形モデルや一般化線形モデルにより、福島県産の価格を説明するモデルを構築
 - 説明変数の候補として、福島県産の価格と関連のある変数（福島の数値、全国の数値、他県の価格、全国の数値、月（7月、8月、9月など）などを含むデータセットを作成（Step 1）
 - 予測に適したモデルを選択するための指標であるAIC（赤池情報量基準）と、ヒアリングで得られた情報をもとにモデル選択し、パラメータを計算（Step2）
 - モデル式から震災後の価格を予測し、実際の価格と比較して、価格の状況を評価する（Step3）

分析に使用したデータ

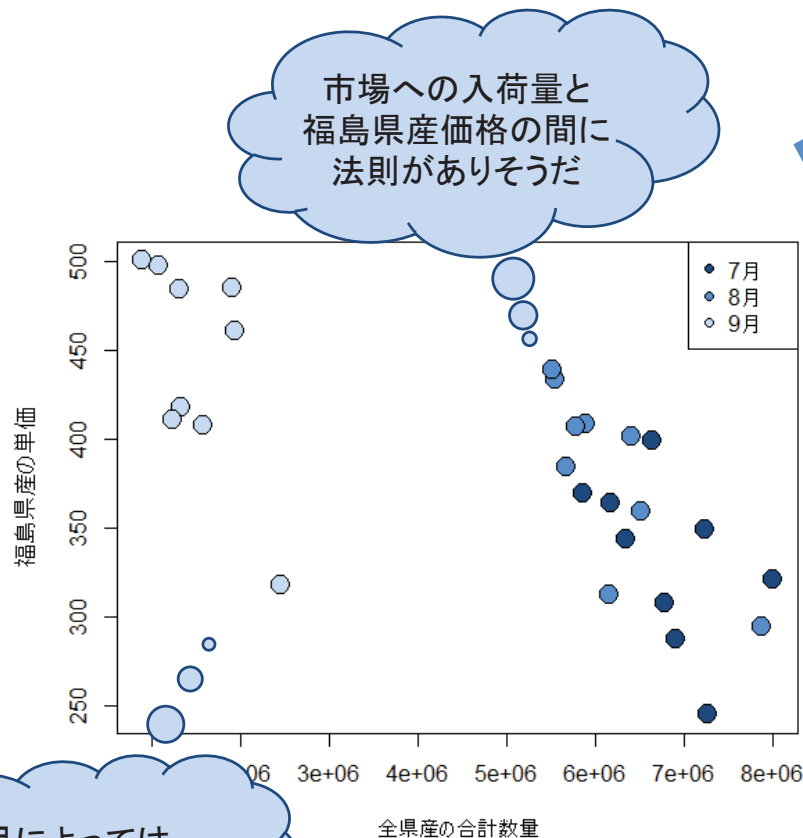
| 品目 | 使用したデータ | モデル構築に利用した期間 |
|------|------------------------|---|
| 米 | 農林水産省「米の相対取引価格」 | 平成20年9月～平成23年2月のうちデータの存在する月 |
| 牛肉 | 東京都中央卸売市場「市場統計情報」 | 平成19年4月～23年2月の各月 |
| きゅうり | 農畜産業振興機構「野菜情報総合把握システム」 | 東京：平成14年～22年の各4～11月 大阪：平成14年～22年の各6～9月 |
| 桃 | 東京都中央卸売市場「市場統計情報」 | 平成14年～22年の各7～9月 |
| しいたけ | 東京都中央卸売市場「市場統計情報」 | 平成14年～22年の各1～12月 |

※米は報告対象事業者取引がないことから、データが存在しない月がある

※大阪のきゅうりは最盛期以外取扱いが少ないため、東京と分析対象期間が異なる

分析では市場データ等から福島県産品の価格を説明するモデル（数式）を作成し、そのモデルから推定される理論価格と、実際の価格を比較する。

Step 1 : 価格を説明するための変数を探す



Step2: 価格を説明するモデル（数式）を作成
例：福島県産価格(円/kg) = $2000 - 0.03 \times \text{市場入荷量(t)}$

※モデル作成手順の詳細は、本資料末尾の説明を参照のこと

Step 3 : 実際の価格を理論価格と比較

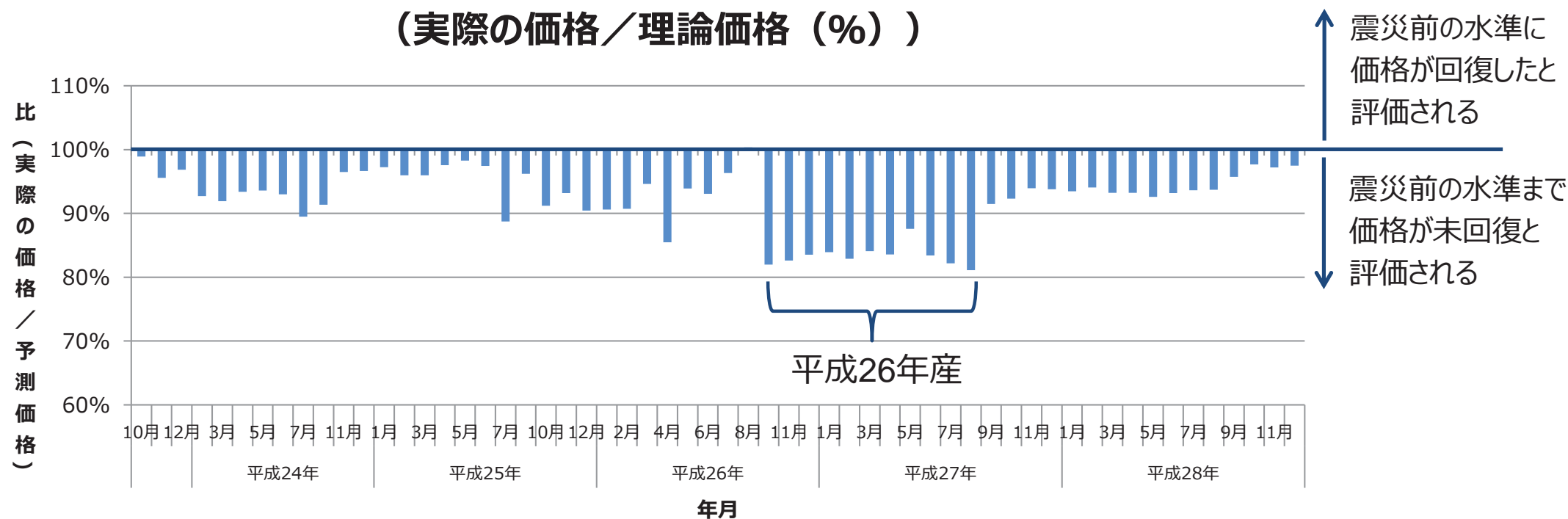
震災後の実際の価格
280円

理論価格よりも実際の価格が安い
ため震災の影響が残っている
のではないかと疑問

震災後の市場入荷量から考えられる理論価格
320円

中通り産コシヒカリは震災以降継続して、理論価格よりも実際の価格が安い状況。
また、米価が低かった平成26年産米で特に安くなった。（震災前から、全国的な価格低迷時に他県産より安くなる傾向があったが、その程度が震災後に大きくなった）

実際の価格と予測価格の比の推移 (実際の価格／理論価格（％）)



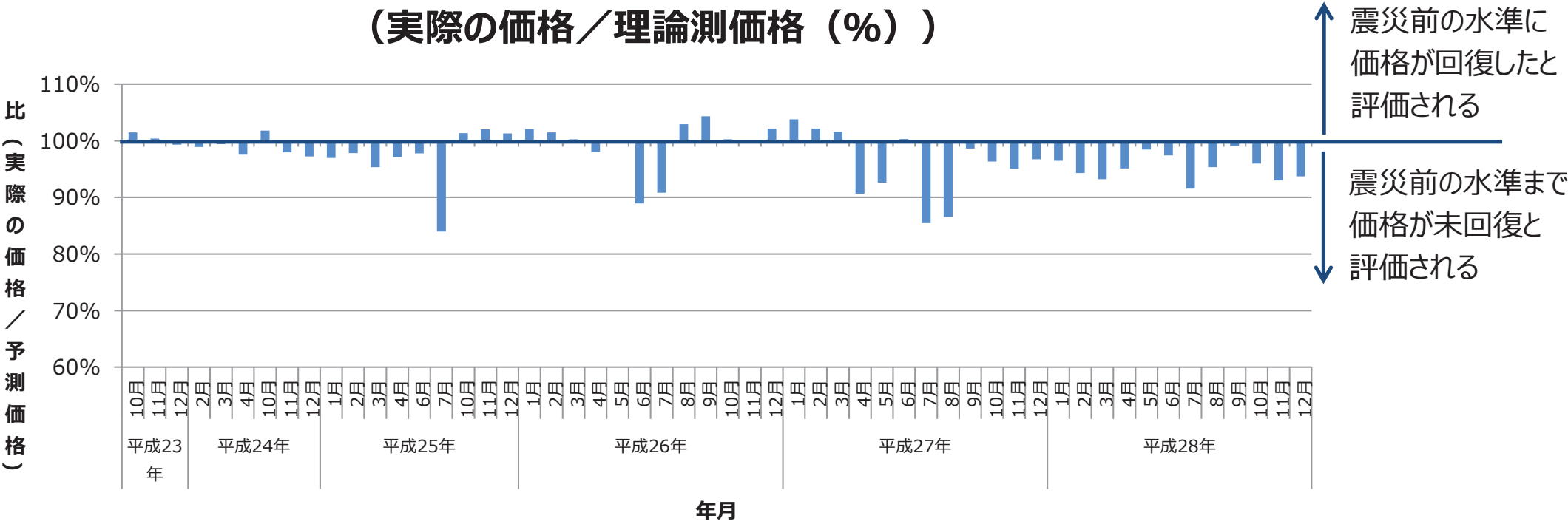
※農林水産省「米の相対取引価格」に中通り産コシヒカリのデータが存在する年月のみ分析しているため、グラフから抜けている年月がある

- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから中通り産コシヒカリの価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる
 - 理論価格には、全国的な価格低迷時に、中通り産コシヒカリが安くなりやすい傾向を反映している

使用データ：農林水産省「米の相対取引価格」

会津産コシヒカリは、理論価格と実際の価格の差が小さく、震災の影響は限定的。
ただし、新米の時期の前（6～8月）に、価格が低迷する傾向が見受けられる。

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格（％）)

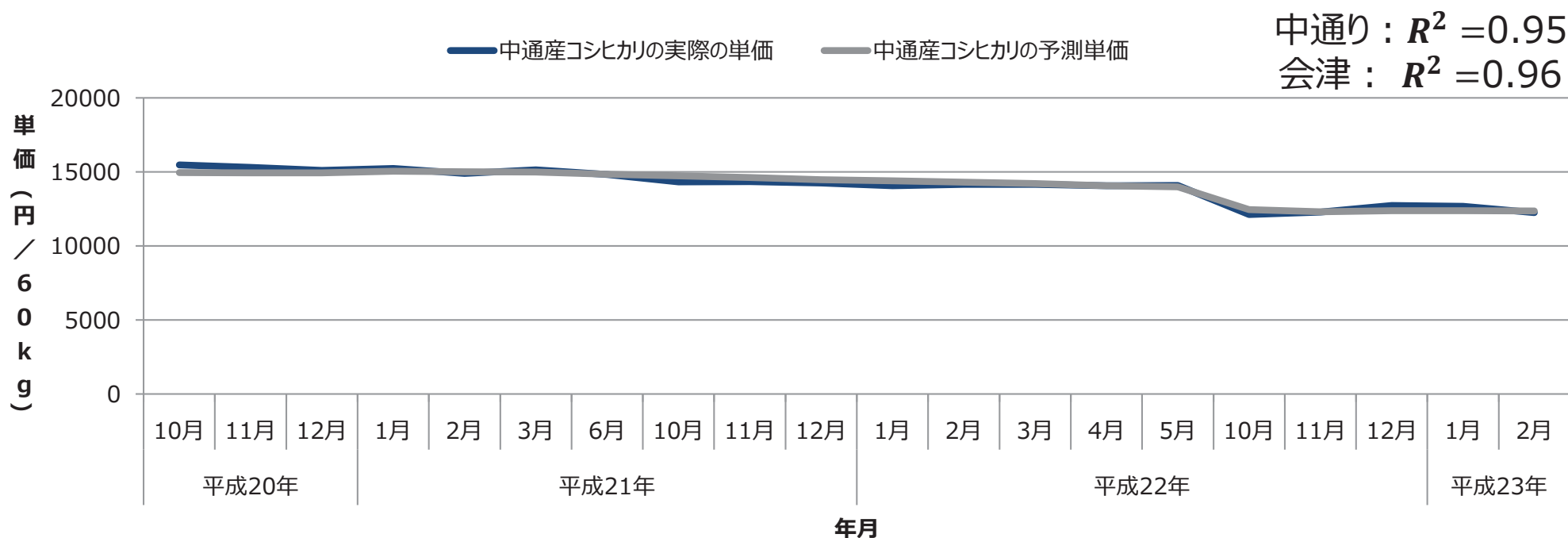


※農林水産省「米の相対取引価格」に中通県産コシヒカリのデータが存在する年月のみ分析しているため、グラフから抜けている年月がある

- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから会津産コシヒカリの価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

米の価格分析には、全国の米価格を用いた一般化線形モデル（対数リンク）を使用。福島県産米価格は全国の米価格と強く連動しており、モデルの当てはまりは良い。全国の米価格が低い時に、中通り産コシヒカリが安くなりやすい傾向が織り込まれている。

福島県産の実際の単価と予測単価の適合（中通り産コシヒカリの場合）



※農林水産省「米の相対取引価格」に中通県産コシヒカリのデータが存在する年月のみ分析しているため、グラフから抜けている年月がある

$$\log Y = a + bX + e \quad e \sim N(0, \sigma^2)$$

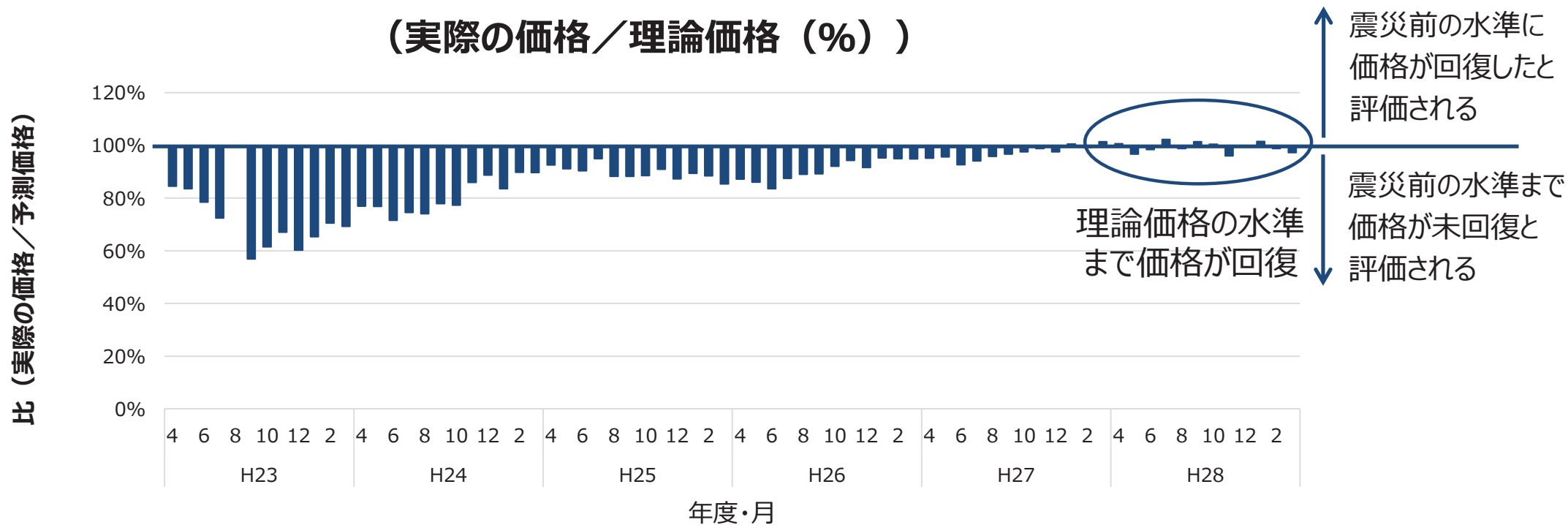
Y : 福島県産価格 X : 全国の米価格 a : 切片 b : 回帰係数 e : 誤差項

- 全国の米価格が低い時に、中通り産コシヒカリが安くなりやすい傾向が織り込まれている
 - ・ 本モデルでは、全国価格16,000円の時中通り産コシヒカリは15,918円（82円差）、全国価格15,000円の時14,747円（253円差）、全国価格14,000円の時13,662円（338円差）となる

和牛牝A5の理論価格と実際の価格を比較すると、平成27年度までは価格の低迷があったが、平成28年度には理論価格まで回復をしている。

※震災前から他県産の価格よりも安く、安さの程度が震災前並みに回復した

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格(%))

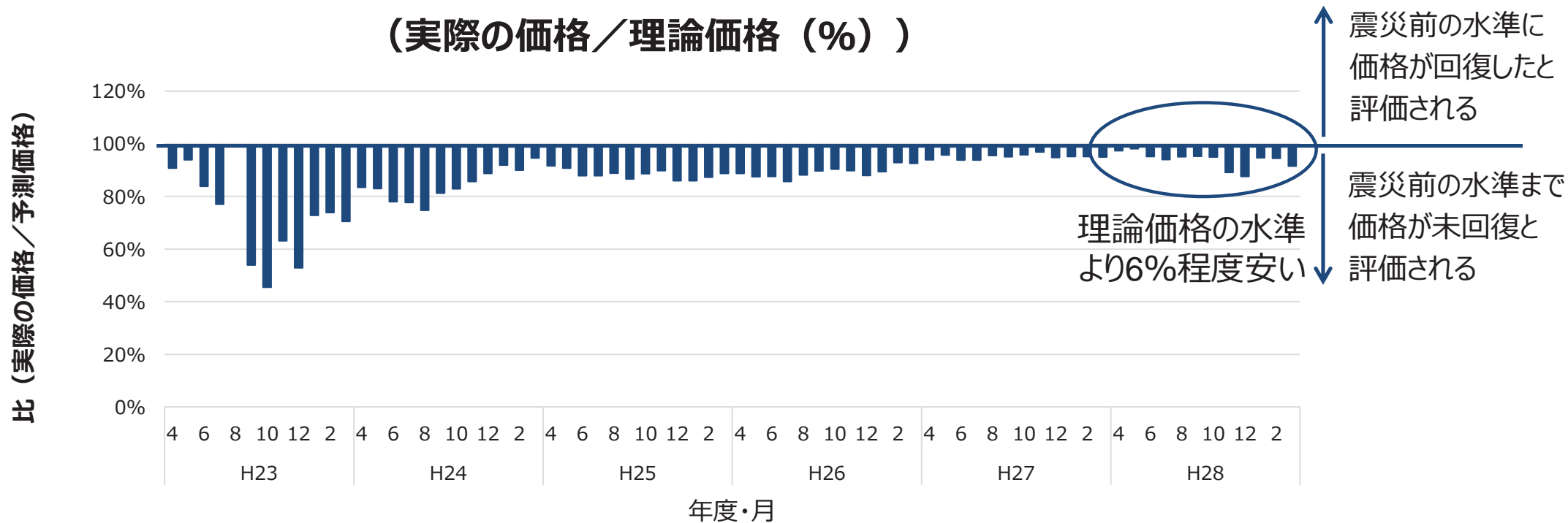


- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから福島県産和牛の価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

和牛牝A3の場合は、震災後の低価格から回復傾向にあるものの、平成28年度になっても理論価格よりも6%程度安い状況が続いている。

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格(%))



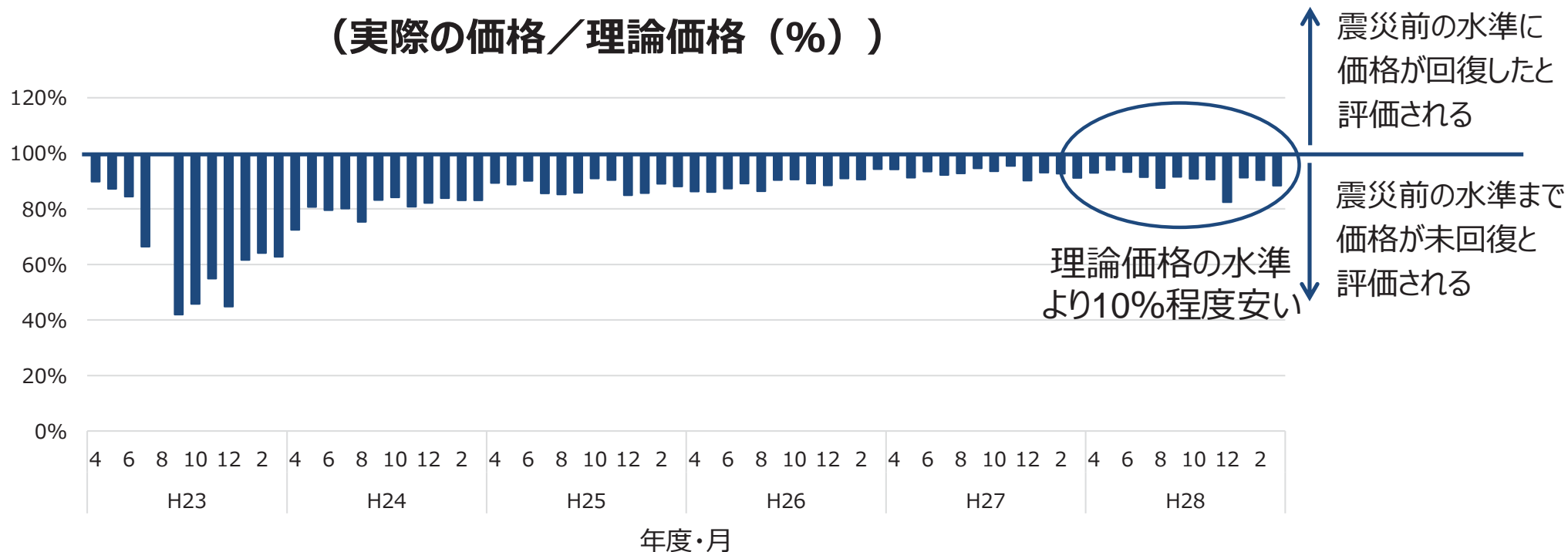
- 震災後の価格回復状況进行评估するために、震災前のデータから福島県産和牛の価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

和牛牝A3の場合は、平成28年度になっても理論価格よりも10%程度安い状況が続いている。等階級が下の牛肉ほど価格の低迷があり、下等級品を扱う事業者に重点的に販売促進をすることが重要と考えられる。

実際の価格と予測価格の比の推移 (実際の価格／理論価格(%))

比 (実際の価格／予測価格)



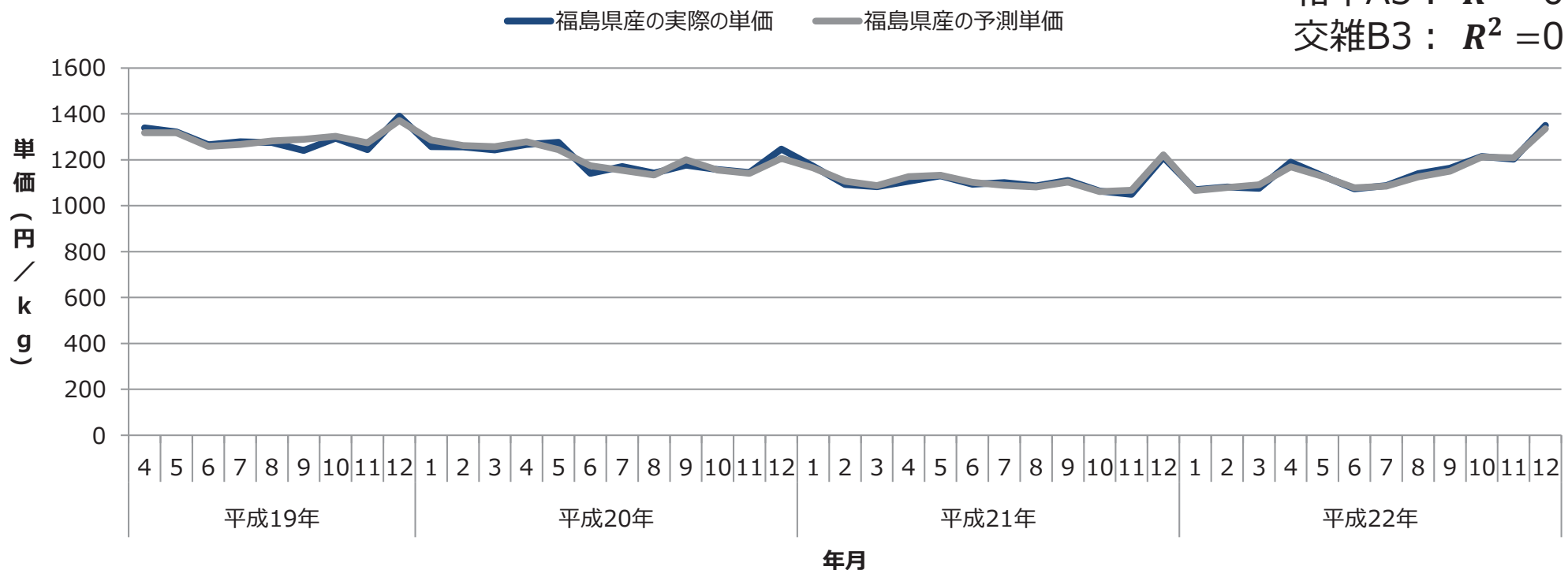
- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから福島県産和牛の価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

牛肉の価格分析には、他県産価格回帰モデルを使用。

A5和牛以外の価格は他県産の同等階級の価格と強く連動しており、モデルの当てはまりは良い。

福島県産の実際の単価と予測単価の適合（交雑B3の場合）
和牛A5 : $R^2 = 0.82$
和牛A3 : $R^2 = 0.98$
交雑B3 : $R^2 = 0.96$



※農林水産省「米の相対取引価格」に中通県産コシヒカリのデータが存在する年月のみ分析しているため、グラフから抜けている年月がある

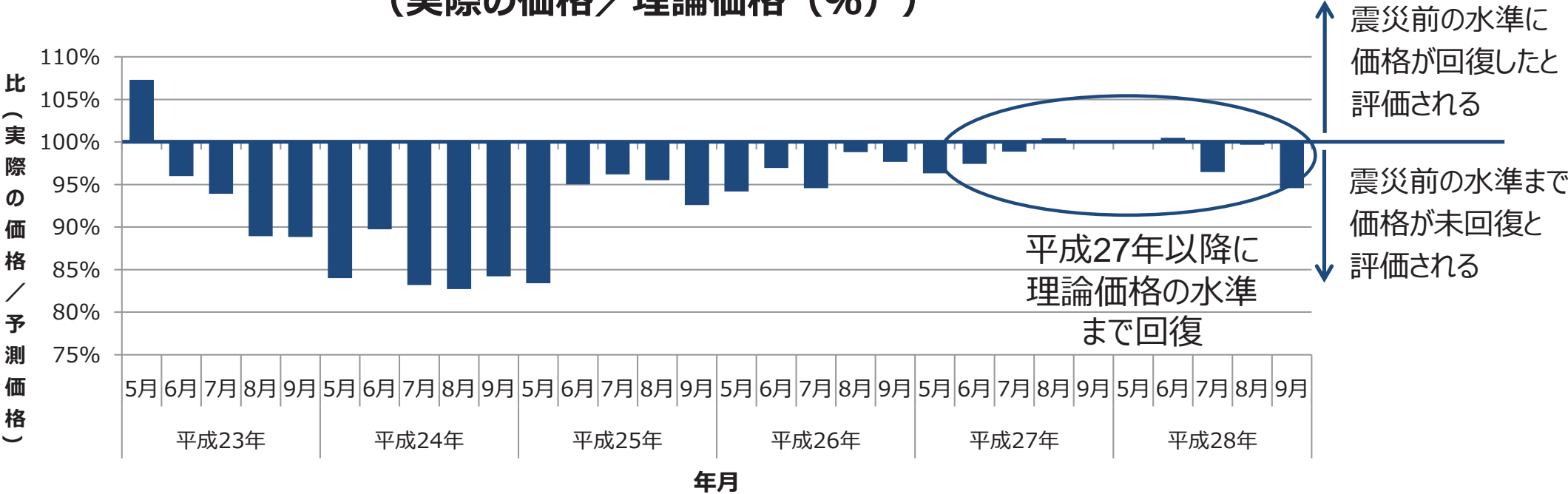
$$Y = a + b_0X + b_1D + e \quad e \sim N(0, \sigma^2)$$

Y :福島県産価格 X :他県産の価格 a :切片 b :回帰係数 D :年末ダミー（和牛A5のみ） e :誤差項

- A5和牛以外の価格は、他県産価格のみでほぼ説明できる
- A5和牛のみ、年末（11月と12月）に他県産と価格差が生じる状況をダミーで説明

きゅうりは平成24年をピークに、理論価格よりも実際の価格が低い状況が続いた。
近年では、ほぼ理論価格と同等の価格となっており、概ね震災の影響から回復したといえる。

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格（％）)

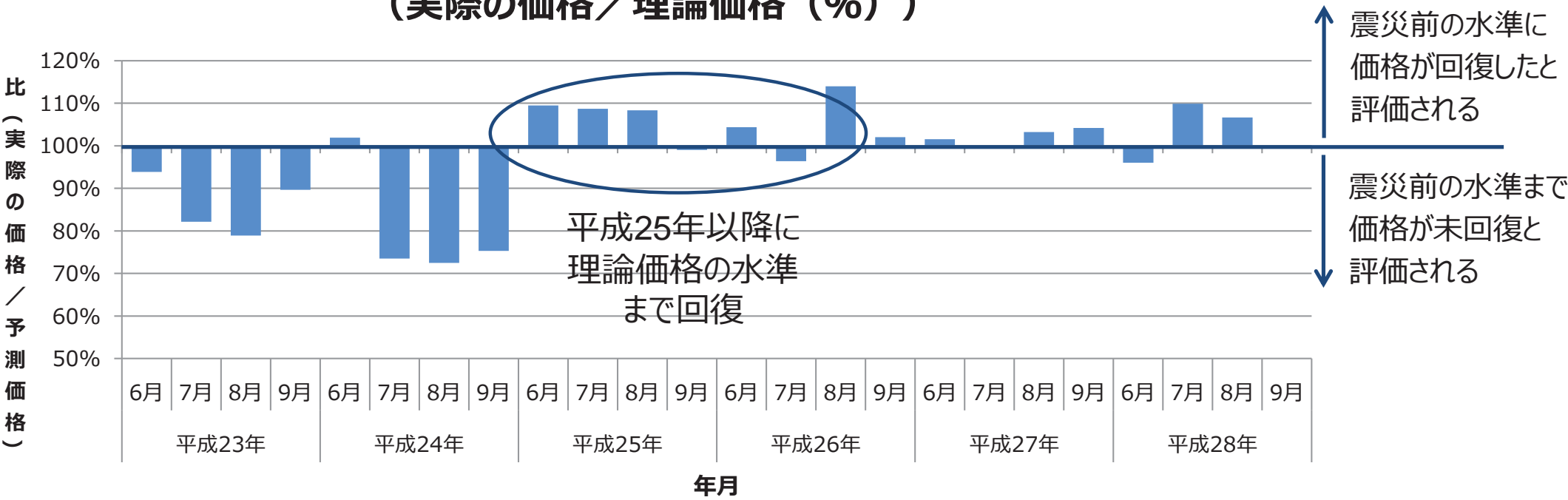


- 震災後の価格回復状況进行评估するために、震災前のデータから福島県産きゅうりの価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

関西の大阪市中心卸売市場のデータでも同様の分析を行った。
大阪では、平成25年以降に理論価格の水準まで価格が回復している。

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格（％）)

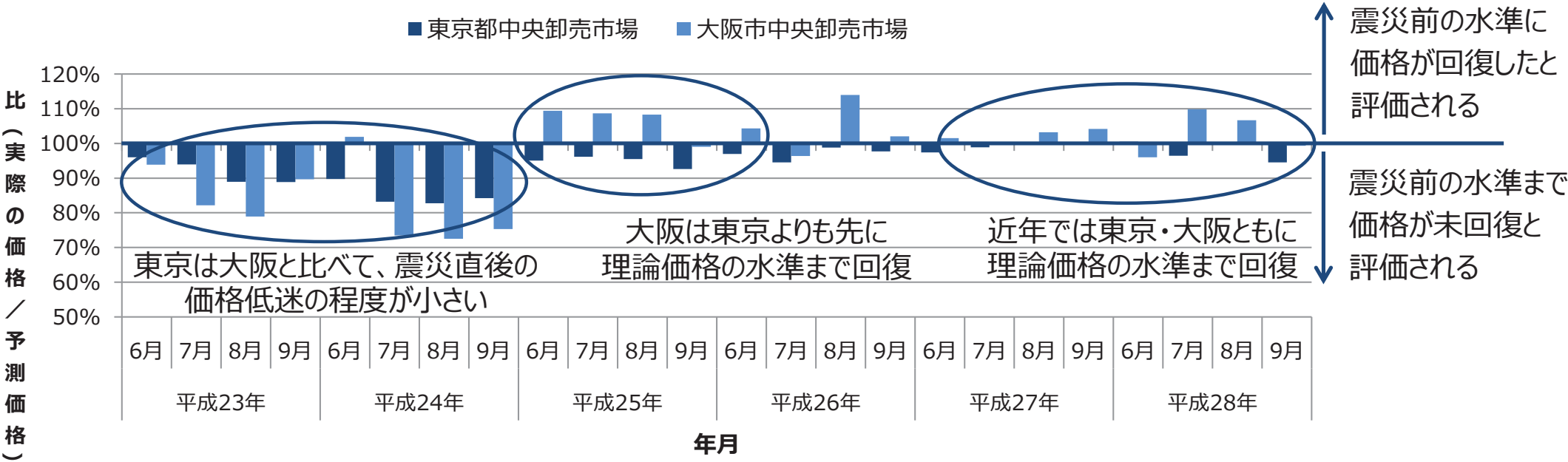


- 震災後の価格回復状況进行评估するために、震災前のデータから福島県産きゅうりの価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：農畜産業振興機構「野菜情報総合把握システム」

東京は大阪と比べ、震災直後（平成23～24年）の価格低迷の程度が小さかったが、理論価格の水準までの回復に時間がかかった。一方で大阪は、震災直後の価格低迷の程度が大きかったが、理論価格の水準までの回復は平成25年と早かった。

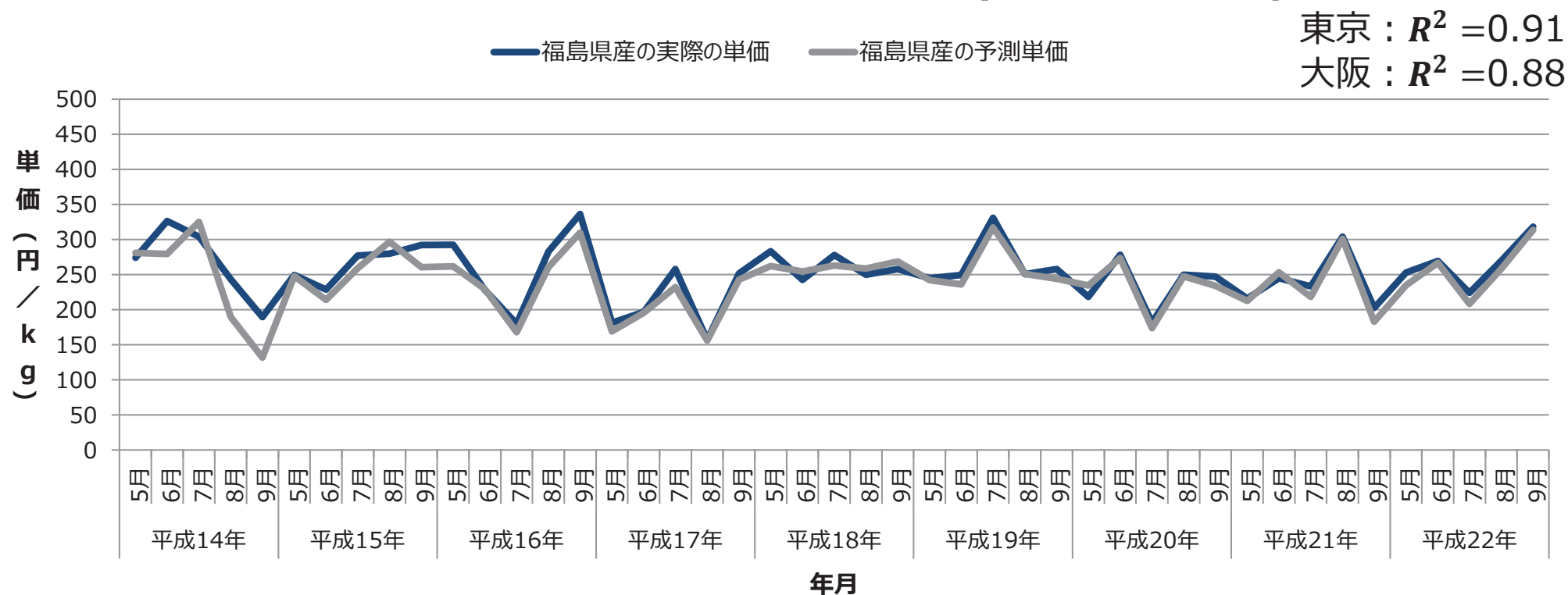
実際の価格と予測価格の比の推移
（実際の価格／理論価格（％））



- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから福島県産しいたけの価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

きゅうりの価格分析には、他県産価格と月ダミーを用いた重回帰モデルを使用。
東京と大阪で福島県産の取扱月が異なるため、両地域で月ダミーの入れ方は異なる。

福島県産の実際の単価と予測単価の適合（東京市場の場合）

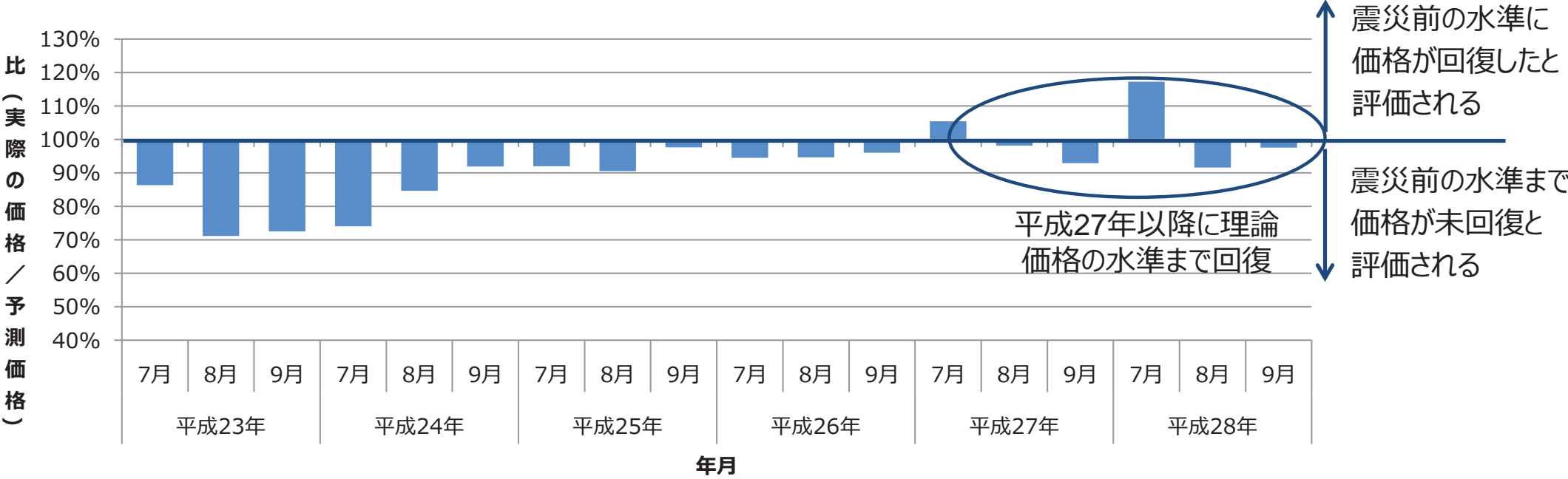


$$Y = a + b_0X + \sum_i b_i D_i + e \quad e \sim N(0, \sigma^2)$$

Y : 福島県産価格 X : 他県産きゅうりの価格 a : 切片 b : 回帰係数 e : 誤差項
 D_i : 月ダミー（対象月は東京と大阪で異なる）

桃は震災年の平成23年をピークに、理論価格よりも実際の価格が低い状況が続いた。近年では、ほぼ理論価格と同等の価格となっている。

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格（％）)

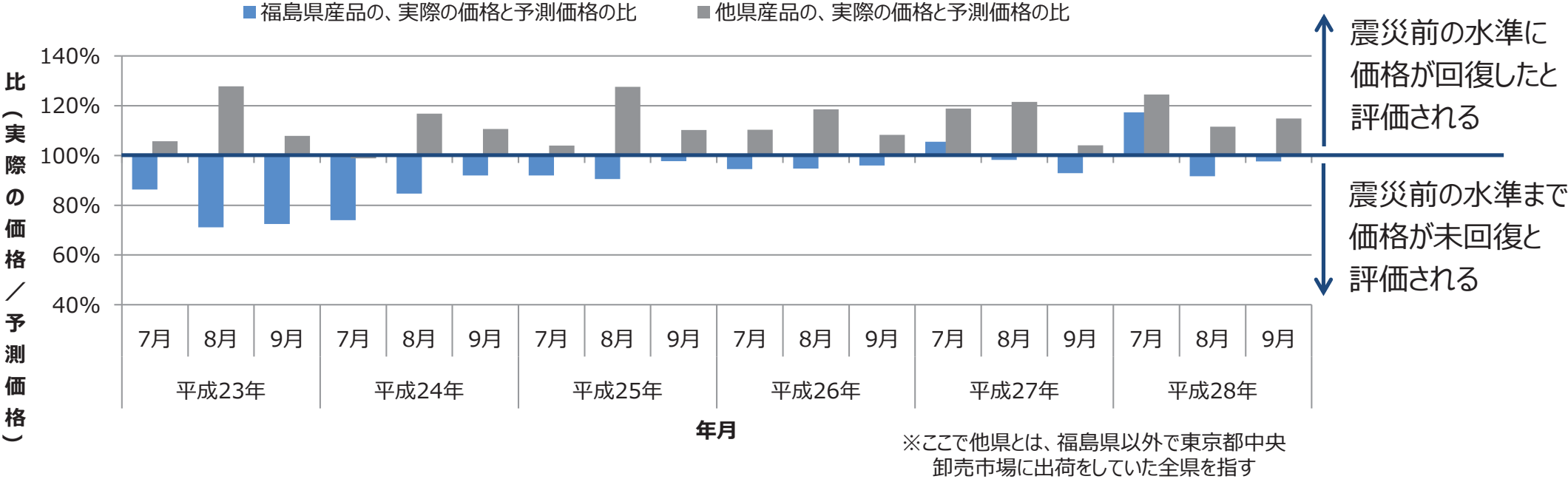


- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから福島県産桃の価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

他県産の価格は震災以降理論価格よりも高い水準で推移。そのため福島県産桃の価格は理論価格（市場入荷量から予測した価格）の水準まで回復しているものの、他県産と比べた相対的な価格は低迷したままである。

実際の価格と予測価格の比の推移
(実際の価格／理論価格 %)

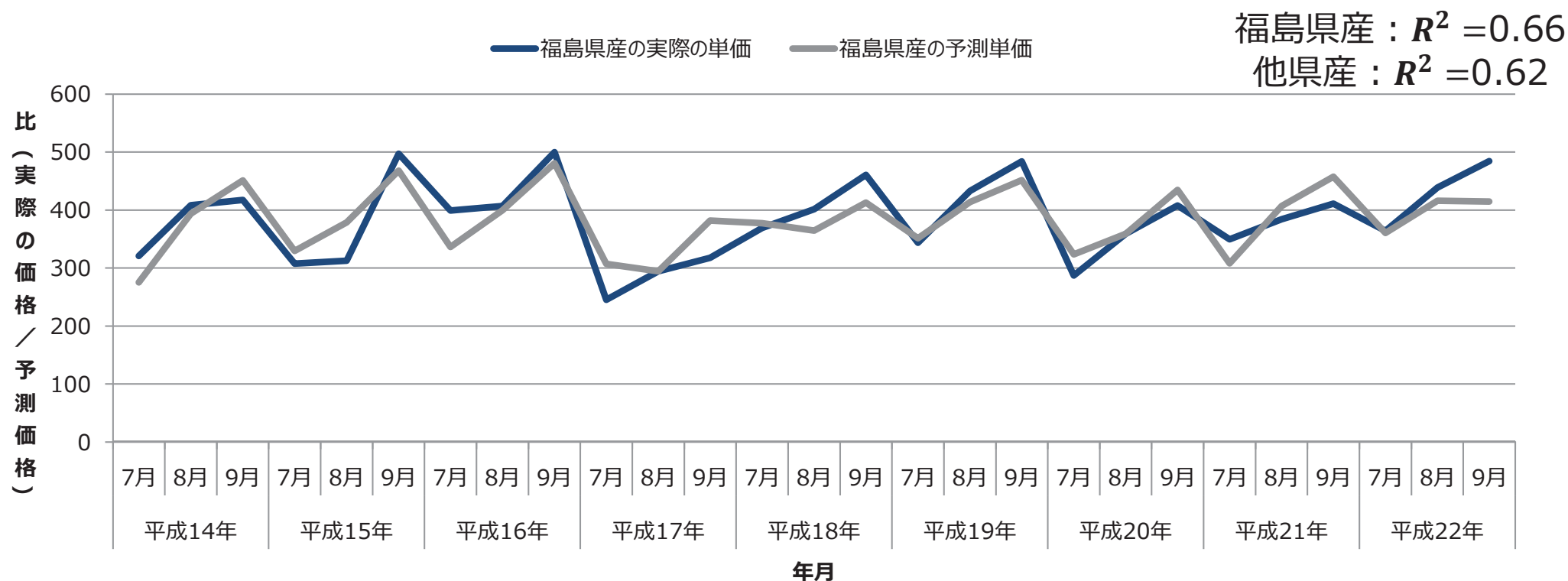


- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから福島県産桃と他県産桃の価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

桃の価格分析には、市場への入荷量を用いた一般化線形モデル（対数リンク）を使用
モデルに他県産品の価格を用いると当てはまりが良くなるが、震災後に他県との関係が
変わったとの意見がヒアリングで出たため、分析に他県価格は用いていない。

福島県産の実際の単価と予測単価の適合（福島県産の場合）



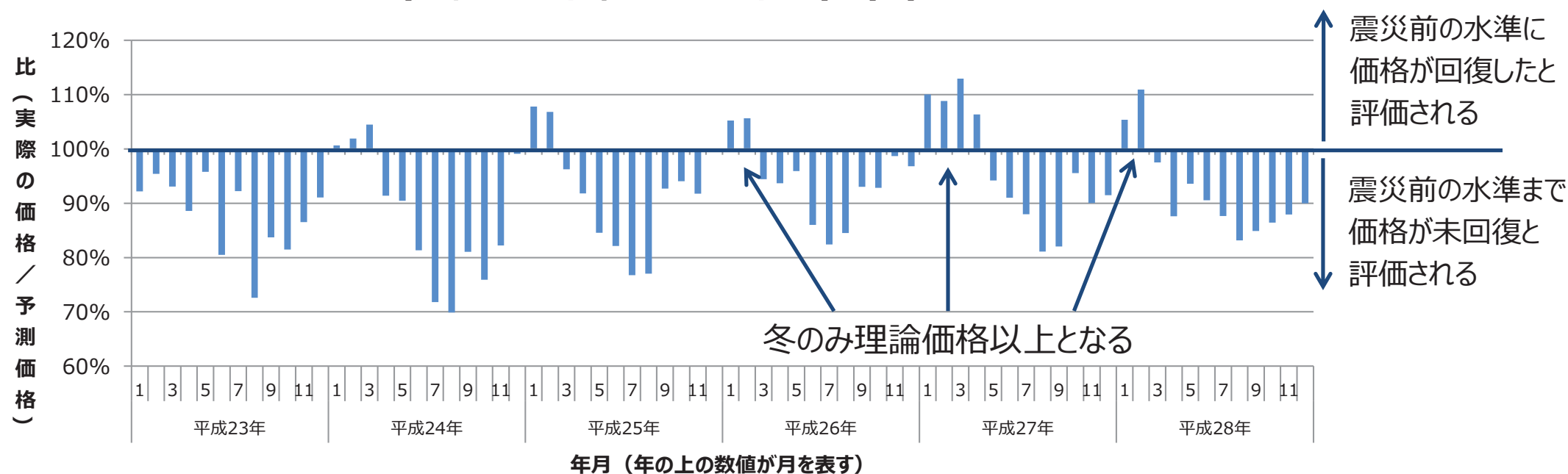
$$\log Y = a + bX + e \quad e \sim N(0, \sigma^2)$$

Y:福島県産価格 X:市場への桃の入荷量 a:切片 b:回帰係数 e:誤差項

- 価格と入荷量の非線形な関係を表現するために、対数リンク関数を用いた一般化線形モデルを使用

福島県産しいたけの価格は、震災直後と比較して回復傾向にあるが、震災前の価格決定メカニズムと全く同様に価格が決まると仮定した理論価格と実際の価格を比較すると、需要期である冬を除き、春～秋は低価格が続く。

実際の価格と予測価格の比の推移 (実際の価格／理論価格(%))

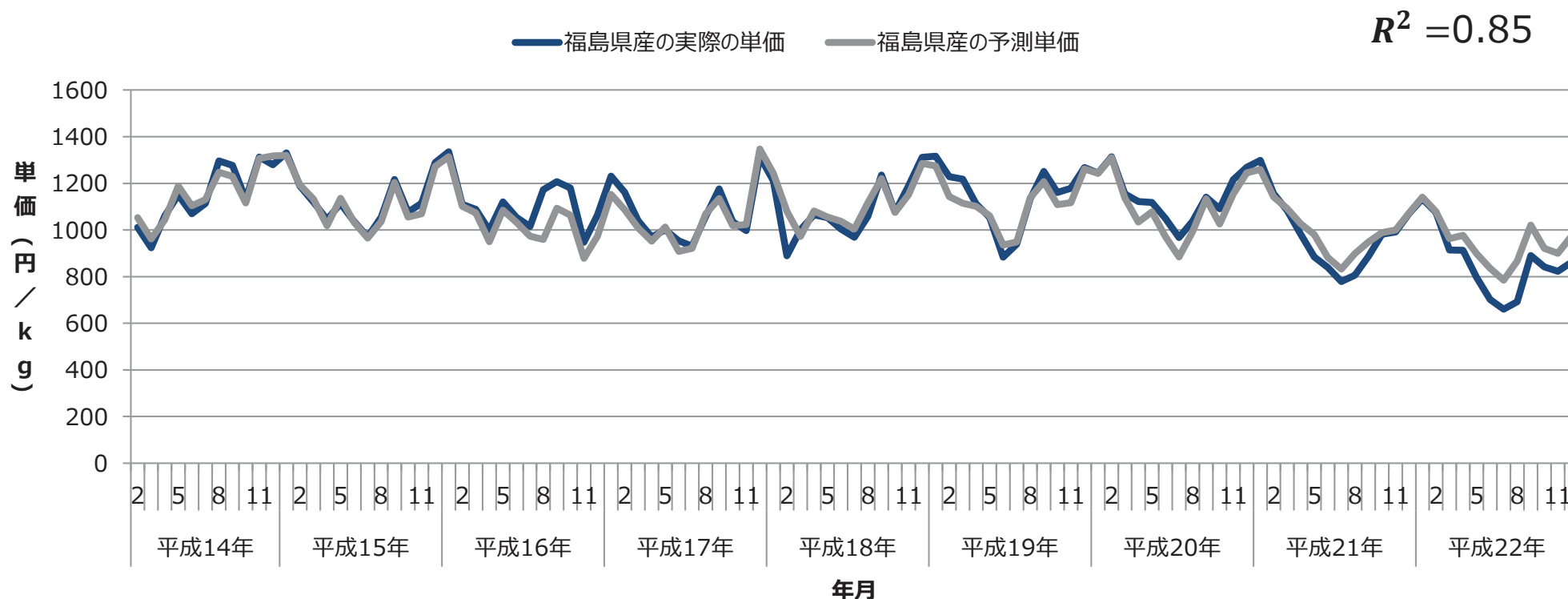


- 震災後の価格回復状況を評価するために、震災前のデータから福島県産しいたけの価格予測モデルを作成し、理論価格（モデルが予測する価格）と実際の価格を比較した
 - 理論価格と実際の価格が等しければ、震災前の水準まで価格が回復したと評価できる

使用データ：東京都中央卸売市場「市場統計情報」

しいたけの価格分析では、データが時系列データの特徴を持っていたため、時系列データの分析手法である、コ克蘭・オーカット法を使用。

福島県産の実際の単価と予測単価の適合



$$Y_t - \rho Y_{t-1} = a + bX_t + u_t - \rho(a + bX_{t-1} + u_{t-1})$$

Y_t : t 期の福島県産価格 X_t : t 期のお県産価格

a : 切片 b : 回帰係数 u_t : t 期の誤差 ρ : 自己相関係数

- 多くの説明変数の候補がある中で、以下の基準によりモデルを作成した
 - モデルの評価指標として、 R^2 （決定係数）とAIC（赤池情報量基準）を用いた
 - ✓ R^2 は、モデルとデータの当てはまりの良さを表す指標である。 $R^2 = 0.9$ であれば、データのばらつきの90%を、モデルで説明できているといえる。モデルの評価指標として広く使われている。
 - ✓ AICは、予測に適したモデルを選択するための指標である。日本を代表する統計学者である赤池弘次氏が考案した指標であり、モデル選択の指標として世界的に広く使用されている。
 - ✓ ただし、データを見たときに、少数の変数で価格を予測できることが明らかな場合には、 R^2 のみで判断

R^2 とAICを使う理由

モデルの評価指標としては R^2 が有名であるが、 R^2 は説明変数を増やせば増やすほど高くなるという特徴がある。そのため、 R^2 だけでモデルを選択すると、いわゆる over fitting となり、データとモデル式が過剰に適合した状態になってしまう。一般的にデータとモデルの適合度は予測精度とトレードオフの関係にあり、over fitting したモデルは予測に適さない。AICは、説明変数を追加することに罰則を与えることで予測に適したモデルを選択する指標であり、本分析の目的を果たすためには R^2 だけでなくAICを用いる必要がある。

- 説明変数と被説明変数の関係が、直線の式で表せないと考えられる場合は、被説明変数を自然対数に変換した
 - ✓ 価格と数量の関係は直線で表せず、自然対数を用いることが多い
 - ✓ 自然対数を用いることが良いかどうかは、 R^2 で評価した
- 一部の品目に限り、以下の手順を加えて判断をしている
 - 時系列モデルを用いることが望ましい場合には、上記手順で変数を選択した後にモデル修正（しいたけ）
 - 指標によるモデル選択結果が、ヒアリングを考慮して望ましくない場合は、次善のモデルを選択（桃）

・ 米

- データを散布図等で確認すると、福島県産米価格と全国の米価格に強い相関があることが明らかであるため、全国の米価格を説明変数としたモデルを作成
- 福島県産米価格と全国の米価格の曲線状の関係を表すため、自然対数を使用

・ 牛肉

- データを散布図等で確認すると、福島県産価格と他県産（福島県以外の都道府県産）価格に強い相関があることが明らかであるため、他県産価格を説明変数としたモデルを作成
- A5和牛のみ、年末（11月と12月）に他県産と価格差が生じていたため、年末を表す説明変数を追加

・ きゅうり

- 分析対象月が異なる複数のデータ（最盛期の6～8月のみや、少し広げて5～10月など）を準備
- 福島県産の出荷量、全都道府県の出荷量合計、他県産の価格、月といった変数を説明変数候補としてAICで選択
- 複数のデータでAICによるモデル選択をしたあと、 R^2 で分析に適したデータを選択し、対象期間を決定

※ 多くのデータを使うことでサンプルを増やすことができるが、最盛期と離れた月の価格は不安定であるため、 R^2 で対象期間を判断した

・ 桃

- きゅうりと同様の説明変数候補からAICでモデルを選択した結果、他県産価格と月を用いたモデルとなった
- しかしヒアリングで、震災後に福島県産桃と他県産桃で取り扱う実需者や評価が変わったとの意見が多く出ており、他県のデータは震災後の予測に適さないと判断し、次善の選択として全都道府県の出荷量合計と月を用いたモデルを採用

※ 他県産価格を使わないことで他の品目よりも R^2 が低くなったが、実態と異ならないことを重視した

・ しいたけ

- きゅうりと同様の説明変数候補からAICでモデルを選択した結果、他県産価格と月を用いたモデルとなった
- しかしこのモデルが、望ましい推定ができるための条件を満たしていなかったため、時系列モデルにより修正

※ 自己相関といわれる問題があり、最小二乗法による推定が望ましい値（最良線形不偏推定量）にならない

- モデル内の値の計算方法

- 例えば米の価格には、以下のモデルをあてはめる（品目ごとの式は品目ごとのスライドに記載）

$$\log Y = a + bX + e \quad e \sim N(0, \sigma^2)$$

Y : 福島県産価格 X : 全国の米価格 a : 切片 b : 回帰係数 e : 誤差項

- この式を、最尤法（もしくは最小二乗法）によって解く
 - ✓ 福島県産米の価格の自然対数($\log Y$)が、平均 $a + bX$ 、分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定し、最もデータとあてはまる（尤度を最大化する） a 、 b 、 σ^2 の値を求める

- モデルからの震災後価格の計算方法

- モデル式に、上記で計算した a や b 、震災後の X を代入し、福島県産価格の予測値を求める
 - ✓ e はモデル作成時に考慮する誤差であるため、予測の際は0とする。

※米の場合は福島県産価格の自然対数を取っているため、 $\log Y$ を Y に変換して予測値を求める

- 解釈をする際の注意点

- 以下の点は差し引いて、結果を評価する必要がある
 - ✓ 今回の分析結果は、説明変数と福島県産品価格について、震災前と震災後で同様の関係が続いていることを仮定している。また、震災前にはなかったような価格や数量の水準になった場合は、外挿となり予測精度が落ちる
 - ✓ 米の予測モデルはデータとの当てはまりが良いが、使用したデータが少なく、欠測も多い