

食品ロスに伴う淡水消費量の推計

佐々木 貴央¹・本下 晶晴²・南斉 規介³・橋本 征二⁴

¹非会員 立命館大学大学院 理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1)

E-mail:rv0037ie@ed.ritsumei.ac.jp

²正会員 産業技術総合研究所 (〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1)

E-mail:m-motoshita@aist.go.jp

³非会員 国立環境研究所 (〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2)

E-mail: nansai.keisuke@nies.go.jp

⁴正会員 立命館大学 理工学部 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1)

E-mail:shashimo@fc.ritsumei.ac.jp

日本の食料自給率は40%前後で推移しており、食料の大半を輸入している状況にも関わらず、まだ食べられる食料を大量に廃棄している。こうした食品の製造には多くの淡水が必要であり、食料の大半を輸入している日本は、国外において多くの淡水消費を誘発している。そこで、食品ロスに関わる淡水消費量を推計し、食品ロスの削減によって削減できる淡水消費量について検討した。日本の食品ロスに関わる淡水消費量の合計は0.99 (km³) と推計され、その発生活源の内訳は最終需要が0.44 (km³)、学校給食が0.04 (km³)、外食産業が0.34 (km³)、流通が0.16 (km³)、食品加工が0.01 (km³) となった。このうち0.80 (km³) が国外での淡水消費であり、その国の内訳は米国が約37%、豪州が約12%、中国が約8%と推計された。

Key Words : fresh water consumption, food waste, food loss, Input-Output analysis

1. 背景

日本の食料自給率は40%前後で推移しており、食料の大半を輸入している状況にも関わらず、まだ食べられる食料が大量に廃棄されていることが問題となっている。平成24年度の農林水産省の推計¹⁾によると、日本国内の年間の食品廃棄物量は約2801万t、このうち食品ロスは約642万tと推計されている。食品廃棄物や食品ロスは世界的にも問題となっており、国連開発計画 (UNDP) の持続的な開発目標 (SDGs) 12.3²⁾では、「2030年までに小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食品廃棄物を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食品の損失を減少させる」という目標が掲げられている。

こうした食品の製造には多くの水が必要であり、食料の大半を輸入している日本は、国外において多くの水消費を誘発していることになる。また、UNDPの「人間開発報告書2006」³⁾では、世界全体でみると全人類に行き渡らせるのに十分な水量が存在するが、国によって水の流入量や水資源の分配に大きな差があるという問題が指

摘されている。

以上の背景を踏まえ、本研究では食品ロスの削減に向けて、日本国内における食品ロスの発生構造を明らかにするとともに、食品ロスに紐づく淡水消費量を推計し、食品ロスの削減によって削減できる淡水消費量について検討した。

2. 方法

(1) 食品ロスに伴う淡水消費量の推計方法

本研究では、食品ロス量 (百万円) に筆者らが作成したグローバル淡水消費原単位 (m³/百万円)⁴⁾ を乗じることで、食品ロスに関わる淡水消費量の推計を行った。

食品ロス量 (百万円) は、食品ロス重量を後述する方法で金額に換算したものをを用いた。食品ロス重量は、農林水産省が推計しているが⁵⁾、これは食品ロス全体の重量を推計したものであり、食品ロスの詳細な発生活源まで把握することはできない。そこで、本研究では、食品ロス重量の発生活源を産業部門に対応させ、独自に推計

を行った。

また、グローバル淡水消費原単位 (m³/百万円) ⁴⁵⁾は、国内産業406部門の単位生産額当たりの国内外での直接間接淡水消費量を推計したものである。直接淡水消費とは、われわれが日常的に消費する淡水(風呂の水など)であり、間接淡水消費とは、商品を購入した際に、その商品の生産のために間接的に消費された淡水(農地に散布される水など)である。

推計に用いたグローバル淡水消費原単位は2005年のものであるため、本研究でも2005年を対象として推計を行った。

(2) 食品ロスの発生起源と産業連関表の対応部門

食品ロスの発生起源とそれに対応する産業連関表の部門を表-1に示す。発生起源は、最終需要、学校給食、外食産業、流通、食品加工の5つに大別され、それぞれ表-1に示すような産業連関表の部門が対応すると考えられる。なお、加工段階で発生する加工くず(魚の骨や野菜の皮など)は食品ロスには該当しないが、この推計も合わせて行った。

(3) 食品関連部門における物量投入産出データの作成

産業連関表に付帯する物量表に記載のある食品関連部門については、この値を投入産出の物量データとして用いた。また、物量表に記載のない食品関連部門については、他の統計⁶⁷⁾⁸⁹⁾¹⁰⁾より生産量、出荷量を部門ごとに集計して総生産数量とし、これで当該部門の総生産額を除すことで、部門ごとに円換算原単位(百万円/t)を作成した。さらに、これを用いて当該部門から表-1の部門への投入を物量換算した。

また、表-1の食品加工の部門を対象に、下式により加工くず重量の推計を行った。

$$\text{加工くず重量(乾)} = \text{投入物重量(乾)} - \text{生産物重量(乾)} \quad (1a)$$

$$\text{加工くず重量(湿)} = \text{加工くず重量(乾)} \times \frac{100 + \text{含水率}}{100} \quad (1b)$$

投入物重量と生産物重量が湿重量のままでは、両者の含水率の影響を受けるため、加工くずの乾重量を推計した後に、含水率を考慮して湿重量に戻すこととした。各食品の乾重量は、日本食品標準成分表¹¹⁾を用いて推計した。なお、部門によっては生産物重量に容器包装の重量が含まれると想定される場合がある。そのような部門については、投入物重量に表-2に示す容器包装の重量を加えた。また、(1b)式の含水率(%)については、当該部門における投入物の含水率を投入物重量で加重平均したものをを用いた。

表-1 食品ロスの発生起源と産業連関表の対応部門

発生起源	2005年産業連関表の対応部門	
最終需要	7111-00	家計外消費支出
	7211-00	家計消費支出
	7212-00	対家計民間非営利団体最終消費支出
学校給食	1119-04	学校給食(国公立)
	1119-05	学校給食(私立)
外食産業	8612-01	一般飲食店(除喫茶店)
	8612-02	喫茶店
	8612-03	遊興飲食店
	8613-01	宿泊業
流通	9510-00	食品卸売業
	9520-00	食品小売業
食品加工 + 最終需要	1119-03	そう菜・すし・弁当
食品加工 (加工くず)	1111-01	と畜(含肉鶏処理)
	1112-01	肉加工
	1112-02	畜産びん・かん詰
	1112-03	酪農
	1113-01	冷凍魚介類
	1113-02	塩・干・くん製
	1113-03	水産びん・かん
	1113-04	ねり製品
	1113-09	その他の水産食品
	1114-01	精穀
	1114-02	製粉
	1115-01	めん類
	1115-02	パン類
	1115-03	菓子類
	1116-02	農産保存食料品(除びん・かん詰)
	1117-01	砂糖
	1117-02	でん粉
	1117-03	ぶどう糖・水あめ・異性化糖
	1117-04	植物油脂
	1117-05	動物油脂
	1117-06	調味料
	1119-01	冷凍調理食品
	1119-02	レトルト食品
1119-09	その他の食料品	
1129-01	茶・コーヒー	

表-2 対象とした容器包装の部門

容器包装の種類	部門	
紙容器包装	1813-011	段ボール
	1821-011	段ボール箱
	1821-099	その他の紙製容器
プラスチック容器包装	2211-011	プラスチックフィルムシート
	2211-013	プラスチック発泡製品
	2211-016	プラスチック製容器
金属容器包装	2899-021	金属製容器及び製缶板金製品
	2899-091	金属プレス製品
ガラス容器包装	2519-099	その他のガラス製品
アルミ容器包装	2722-021	アルミ圧延製品

(4) 最終需要での食品ロス重量の推計方法

下式により食品ロス重量を推計した。

$$\text{食品ロス重量} = \text{投入物重量} \times \text{ロス率c} \quad (1c)$$

投入物重量は(3)により算出したものであり、各最終需要が食品関連部門から購入した投入物重量である。また、ロス率cには、平成17年度食品ロス統計調査報告¹²⁾の世帯における「食品類別」の食品ロス率（＝過剰除去率＋直接廃棄率＋食べ残し率）を、該当する食品関連部門からの投入に対応させて用いた。

(5) 学校給食での食品ロス重量の推計方法

下式により食品ロス重量を推計した。

$$\text{食品ロス重量} = \text{投入物重量} \times \text{ロス率d} \quad (1d)$$

投入物重量は(3)により算出したものであり、学校給食の2部門が食品関連部門から購入した投入物重量である。また、ロス率dは、（過剰除去率＋直接廃棄率＋残食率）から成るとした。ここで、過剰除去率と直接廃棄率については、学校給食の製造過程で、世帯と同様の過剰除去と直接廃棄が発生すると仮定して、食品ロス統計調査¹²⁾の食品類別の過剰除去率と直接廃棄率を該当する食品関連部門からの投入に対応させて用いた。また、残食率については、学校給食から発生する食品ロス等の状況に関する調査結果¹³⁾より、学校給食の残食率の市町村平均6.9%を全ての食品関連部門からの投入に対し一律に用いた。

(6) 外食産業での食品ロス重量の推計方法

学校給食と同様に、(1d)式を用いて食品ロス重量を推計した。

投入物重量は(3)により算出したものであり、外食産業4部門が食品関連部門から購入した投入物重量である。ロス率dは、同様に（過剰除去率＋直接廃棄率＋食べ残し率）から成るとした。ここで、過剰除去率と直接廃棄率については、外食産業の製造過程で、世帯と同様の過剰除去と直接廃棄が発生すると仮定して、食品ロス統計調査¹²⁾の食品類別の過剰除去率と直接廃棄率を該当する食品関連部門からの投入に対応させて用いた。また、食べ残し率については、食品ロス統計調査¹²⁾の外食産業における食品類別の食べ残し率を、該当する食品関連部門からの投入に対応させて用いた。

(7) 流通での食品ロス重量の推計方法

食品ロス重量については、加工食品における「小売業→卸売業」「卸売業→製造業」への返品金額より推計した。それぞれの返品金額は、下式により推計した¹⁵⁾。

$$\text{小売業} \rightarrow \text{卸売業の返品金額}$$

$$= \text{小売} \cdot \text{卸売間の取引規模} \times \text{返品率e} \quad (1e)$$

$$\text{卸売業} \rightarrow \text{製造業の返品金額}$$

$$= \text{卸売} \cdot \text{製造間の取引規模} \times \text{返品率f} \quad (1f)$$

小売・卸売間の取引規模については、平成19年商業統計表¹⁴⁾の品目編と流通経路統計編を用いて、「食料飲料卸売業」の構成産業分類毎に小売業向け卸売額を集計し、さらに、商業統計は消費税を含むことから、小売業向け卸売額を1.05で除すことで算出した。また、卸売・製造間の取引規模については、卸売業粗利率を10%と仮定し、小売・卸売間の取引規模に0.9を乗じて算出した。

返品率については、加工食品における返品実態報告¹⁵⁾の卸売業調査結果の2010年から2014年度の平均返品率0.37%、0.88%をそれぞれ返品率e、返品率fとして用いた。(1e)式、(1f)式で推計した卸売業別の返品金額を、対応する産業部門の国内生産額で按分した。按分した返品金額を円換算単位で除すことで、流通における食品ロス重量とした。

(8) そう菜・すし・弁当の食品ロス重量の推計方法

学校給食と同様に、(1d)式を用いて食品ロス重量を推計した。

投入物量は(3)により算出したものであり、「そう菜・すし・弁当」部門が食品関連部門から購入した投入物重量である。ロス率dは、同様に（過剰除去率＋直接廃棄率＋食べ残し率）から成るとした。ここで、そう菜・すし・弁当の製造過程で、世帯と同様の過剰除去が発生し、世帯で直接廃棄と食べ残しが発生すると仮定して、食品ロス統計調査¹²⁾の食品類別の過剰除去率、直接廃棄率、食べ残し率を該当する食品関連部門からの投入に対応させて用いた。なお、過剰除去は「食品加工」部門から、直接廃棄および食べ残しは「最終需要」部門で発生するものとして取り扱った。

3. 結果および考察

(1)食品ロス重量の推計結果

図-1に食品ロス重量の推計結果を示す。食品ロス重量の合計は255万t(湿)と推計され、その発生起源の内訳は最終需要が130万t(湿)、学校給食が10万t(湿)、外食産業起源が78万t(湿)、流通起源が32万t(湿)、食品加工起源が6万t(湿)となった。この値を農林水産省が推計するの食品ロス重量642万t(湿)¹⁾と比較すると387万t（＝642-255）の差が生じた。農林水産省の推計¹⁾では、食品廃棄物重量に可食部率を乗じて食品ロス重量を推計しており、本推計で用いた含水率よりも大きな含水率となっている可能性がある。そこで、生ごみ資源化の調査結果¹⁶⁾の厨芥類の含水率80%を用いて、乾重量に換算すると129万t(乾)とな

った。また、本推計における食品ロス重量の乾重量は94万t(乾)と推計された。図-2に両推計の比較を示す。図-2では、農林水産省の家庭系廃棄物をそのまま最終需要として用いて比較している。本推計と農林水産省推計の食品ロス重量の差は、35万t(乾) (=129-94) となり、このうち25万tが流通で生じている。本推計においては、流通での食品ロス重量を推計する際に加工食品のみを対象とし、農林水産物については対象外としていることが、差の一因であると考えられる。

(2)加工くず重量の推計結果

加工くず重量の合計は、1,828万t(湿)と推計された。図-3に、加工くず重量の部門別の内訳を示す。「酪農品」が最も大きく590万t(湿)、「砂糖」が370万t(湿)、「パン類」が110万t(湿)と推計され、それぞれ全体の34%、21%、6%を占めた。また、農林水産省の推計¹⁾では、食品製造業から発生する食品廃棄物重量を1,580万t(湿)としており、ここから可食部重量を除いた重量は1,440万t(湿)となる。この値と比較すると、本推計値のほうが約400万t(湿)大きく推計された。本推計は物質収支にもとづき行っているが、考慮できていない投入産出が考えられるほか、含水率の影響が大きいと考えられる。今後、検証が必要である。

(3)食品ロスに伴う淡水消費量の推計結果

図-4に食品ロスに伴う淡水消費量の推計結果を示す。淡水消費量の合計は0.99 (km³) と推計され、その発生活起源の内訳は最終需要が0.44 (km³)、学校給食が0.04 (km³)、外食産業が0.34 (km³)、流通が0.16 (km³)、食品加工が0.01 (km³) となった。この淡水消費量の合計値0.99 (km³) は、筆者らが別途推計した日本の家計消費に伴う国内外での淡水消費量62.1 (km³)⁴⁵⁾と比較すると、約1.6%に相当する。

食品ロスに伴う淡水消費量のうち、約80%に相当する0.80 (km³) が国外での淡水消費であった。食品ロスに伴う淡水消費の国別の内訳を図-5に示す。米国が最も大きく0.29 (km³)、日本が0.20 (km³)、豪州が0.09 (km³)、中国が0.06 (km³) と推計され、それぞれ全体の37%、20%、12%、8%を占めた。

図-6、図-7⁴⁶⁾に淡水消費量の部門内訳とその部門の淡水消費原単位を示す。図-6より、「と畜(含肉鶏処理)」が0.32 (km³) と最も大きく、「その他の食料品」が0.10 (km³)、「精穀」「酪農品」が0.06 (km³) と推計され、それぞれ全体の33%、10%、7%を占めた。

「と畜(含肉鶏処理)」の生産には多くの飼料を必要とし、飼料の生産に関わる淡水消費が大きくなるため、図-7から分かるように他の部門よりも淡水消費原単位が大きくなっている。また、日本は牛・豚・鶏の多くを米

国、豪州からの輸入しているため、図-5に示したようにこの2国における淡水消費量誘発の大きな要因となった。「と畜(含肉鶏処理)」の食品ロスの発生活起源は、外食産業が約6割、最終需要が約3割と推計された。「精穀」は、食品ロスに伴う淡水消費がほぼ全て国内で

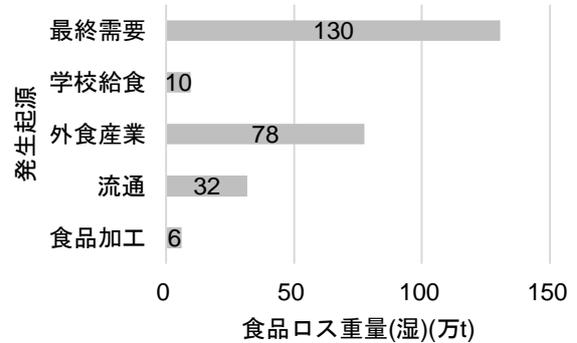


図-1 食品ロス重量(湿)の推計結果

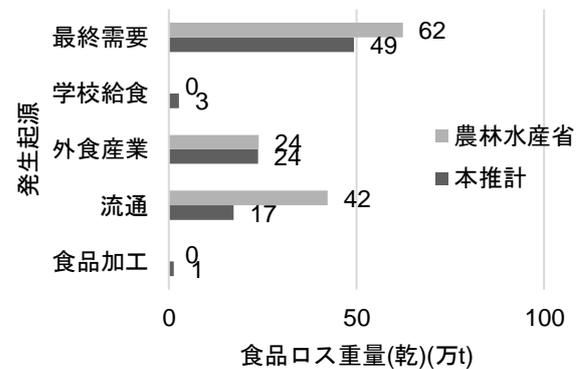


図-2 食品ロス重量(乾)の比較

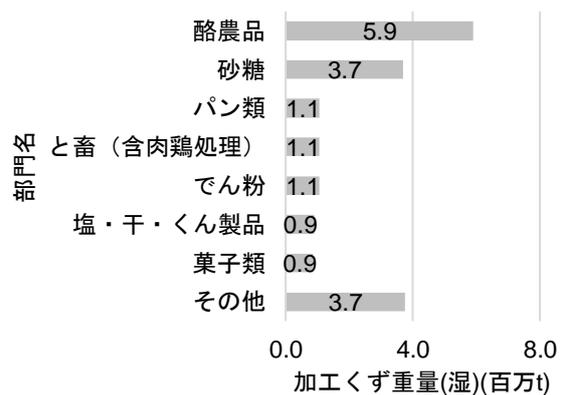


図-3 加工くず重量(湿)の部門別内訳

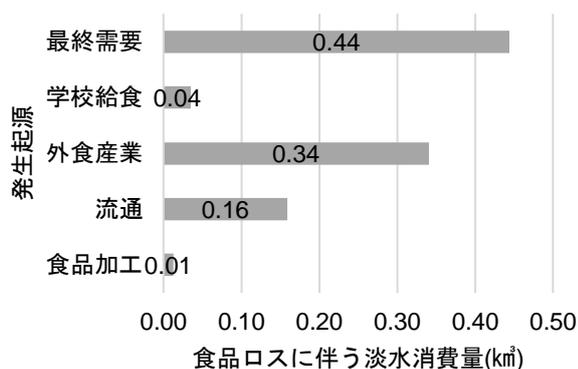


図-4 食品ロスに伴う淡水消費量

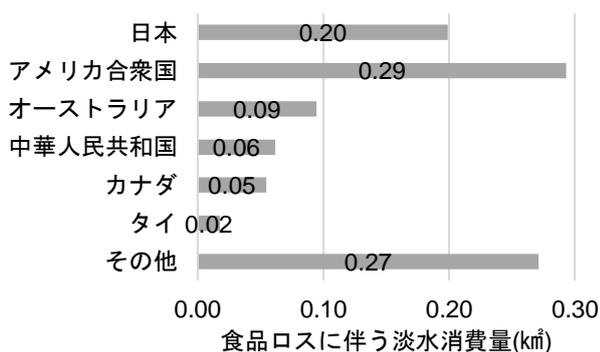


図-5 食品ロスに伴う淡水消費量の国別内訳

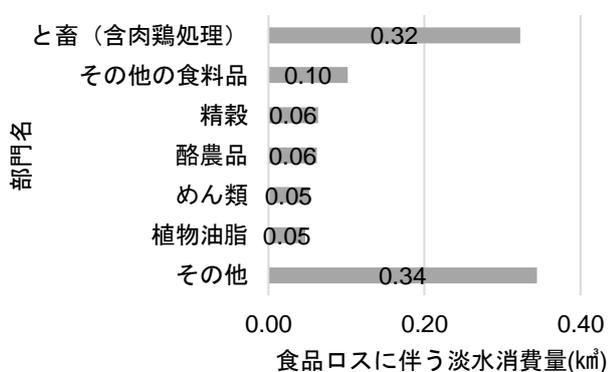


図-6 食品ロスに伴う淡水消費量の部門別内訳

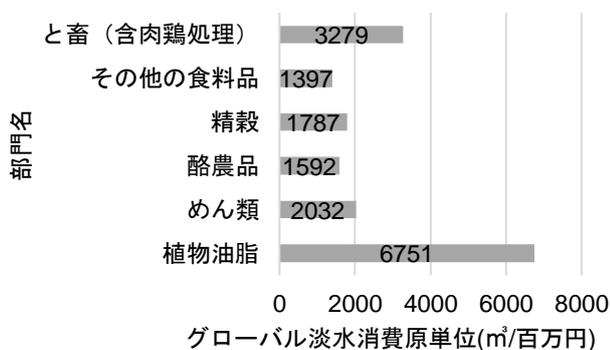


図-7 グローバル淡水消費原単位^{4),5)}

発生した。「精穀」の食品ロスの発生起源は、最終需要が約8割、外食産業が約2割と推計された。「酪農品」は、食品ロスに伴う淡水消費の約4割が米国、約3割が日本、約1割が豪州で発生した。「酪農品」の食品ロスの約6割が流通で発生し、最終需要と学校給食はそれぞれ約2割となった。商業統計の食料飲料卸売業の卸売額のうち、約5割が「その他の食料・飲料卸売業」によるもので、この卸売額を国内生産額で食品関連部門に按分したため、生産額の比較的大きい「酪農品」に返金額が多く配分され、「酪農品」の流通での食品ロスが大きく推計されたものと考えられる。学校給食における投入物量のうち約4割が「酪農品」であり、その大半が「飲用牛乳」であった。飲用牛乳は、過剰除去は発生しないため、「酪農品」の学校給食における食品ロスの大半は、飲用牛乳の飲み残し・直接廃棄が原因だと考えられる。

4. 結論

食品ロス重量の合計は255万t(湿)と推計され、その発生起源の内訳は最終需要が130万t(湿)、学校給食が10万t(湿)、外食産業が78万t(湿)、流通が32万t(湿)、食品加工が6万t(湿)となった。また、加工くず重量の合計は1,828万t(湿)と推計された。

食品ロスに関わる淡水消費量の合計は0.99 (km³) と推計され、その発生起源の内訳は最終需要が0.44 (km³)、学校給食が0.04 (km³)、外食産業が0.34 (km³)、流通が0.16 (km³)、食品加工が0.01 (km³)となった。淡水消費量の合計値0.99 (km³) は、筆者らが別途推計した日本の家計消費に伴う国内外での淡水消費量62.1 (km³)^{4),5)}と比較すると、約1.6%に相当した。

淡水消費量の合計値0.99 (km³)のうち0.80 (km³)が国内外での淡水消費であり、そのうち米国が約37%、豪州が約12%、中国が約8%と推計された。

謝辞: 本研究の一部は科学研究費補助金 (15H02863, 15H05342) による成果である。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) 農林水産省：食品ロスの現状(フロー図)平成24年度推計値, http://www.maff.go.jp/f/shokusan/tecycle/syoku_loss/pdf/hurorev2.pdf, 2017年6月アクセス
- 2) 国連開発計画(UNDP)：目標12持続可能な消費と生産のパターンを確保する, <http://www.ungcn.org/sdgs/goal12.html>, 2017年8月アクセス
- 3) 国連開発計画(UNDP)：人間開発報告書2006, (株)国際協力出版会, p163, 2006
- 4) 佐々木貴央, 本下晶晴, 南斉規介, 橋本征二：家計消費

- とプラネタリー・バウンダリー：淡水利用について，第12回日本LCA学会研究発表講演要旨集，182-183，2017
- 5) 本下晶晴, S. Pfister, 佐々木貴央, 南斉規介, 橋本征二, M. Finkbeiner : 日本の家計消費に起因するウォーターフットプリント, 第45回環境システム研究論文発表会講演集, 印刷中, 2017
 - 6) 農林水産省：平成17年産作物統計, 農林水産省大臣官房局, 農林統計協会, 2006
 - 7) 農林水産省：平成17年特用林産物生産統計調査, 2005
 - 8) 農林水産省：平成17年畜産物流通統計, 農林水産省大臣官房局, 農林統計協会, 2007
 - 9) 農林水産省：平成17年度海面漁業生産統計調査, 2005
 - 10) 全日本コーヒー協会：日本のコーヒーの輸入量の推移, <http://coffee.ajca.or.jp/data>, 2017年7月アクセス
 - 11) 文部科学省:日本食品標準成分表2015年版(七訂), 全国官報販売協同組合, 2015
 - 12) 農林水産省：平成17年度食品ロス統計調査報告, 農林水産省大臣官房局, 農林統計協会, 2007
 - 13) 環境省：学校給食から発生する食品ロス等の状況に関する調査結果, 2015
 - 14) 経済産業省：平成19年商業統計表, 2008
 - 15) 製・配・販連携協議会：加工食品における返品実態報告(2015年度), <http://www.dsri.jp/forum/guide.html>, 2017年8月アクセス
 - 16) 環境省：生ごみ資源化の調査結果, 2010
- (2017.8.?受付)

ESTIMATION OF FRESH WATER CONSUMPTION RELATED TO FOOD LOSS

Takahiro SASAKI, Masaharu MOTOSHITA, Keisuke NANSAI
and Seiji HASHIMOTO

In Japan, the food self-sufficiency rate has been around 40%. Despite importing the majority of food, a large amount of food that can still be eaten are abandoned. A lot of freshwater is necessary for the production of such foods, and Japan importing the majority of foods induces a lot of freshwater consumption outside the country. Therefore, we estimated freshwater consumption related to food loss and examined freshwater consumption that can be reduced by reducing food loss. The total amount of freshwater consumption related to food loss in Japan was estimated to be 0.99km³. The breakdown of its origin was 0.44km³ for the final demand, 0.04km³ for the school meal, 0.34km³ for the restaurant service, 0.16km³ for the distribution stage, and 0.01km³ for food processing stage. Of these, 0.80 km³ of freshwater consumption is induced outside the country, including about 37% in the United States, about 12% in Australia and about 8% in China.