



Title	ザンビア・カブウェにおける鉛汚染と家計行動
Author(s)	山田, 大地
Citation	地域経済経営ネットワーク研究センター年報, 8, 86-88
Issue Date	2019-03-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/73677
Type	departmental bulletin paper
File Information	097-2186-9359-8.pdf



＜第6回研究会＞

ザンビア・カブウェにおける鉛汚染と家計行動

山田 大地

1. はじめに

鉛汚染は、数ある公害の中でもとくに深刻な健康被害をもたらすものである。継続的な鉛への暴露や体内への鉛摂取は、認知・運動機能を低下させ、慢性貧血、代謝不全、高血圧など他の健康被害にもつながる症状が起こる (Meyer *et al.* 2008)。非常に高濃度の鉛中毒は命にかかわる一方、比較的低濃度の鉛中毒であっても、IQの低下などの問題は起こる (Canfield *et al.* 2003)。加えてこれらの症状は、就労や就学などの経済活動・人的資本投資を阻害することで、長期的な貧困の原因ともなりうる。

鉛の害への理解が進むにつれ、先進国においては鉛を含む製品の規制・禁止など鉛汚染への対策が進められてきた一方で、発展途上国においては、鉱工業による直接的な鉛汚染が散見され、また対策も必ずしも十分ではない。ザンビア共和国・カブウェ市はその一例である。カブウェ市は20世紀初頭より、鉛・亜鉛鉱山を中心に発展した都市である。鉱山の正式な操業は1994年に終了したが、鉱業廃棄物は市の中心部からほど近くに放置されており（通称ブラックマウンテン）、粉塵や汚染水、あるいはそれらにより育てられた動植物の摂取を通して住民の鉛中毒を引き起こしている。汚染のレベルは極めて高く、Blacksmith Institute & Green Cross Switzerland (2013) による世界で最も汚染された10の場所にも含まれている。

本稿はカブウェ市における鉛中毒の現状、またそれが住民の経済活動に対する影響について議論する。カブウェにおけるこれまでの研究では、ブラックマウンテン周辺の子供に限った分析が



主であった（例えば Tembo *et al.* 2006; Yabe *et al.* 2015）。本稿は SATREPS プロジェクト “Project for Visualization of Impact of Chronic/Latent Chemical Hazard and Geo-Ecological Remediation in Zambia” での学際的研究の一部であり、そこでの基礎的な分析を概観する。

2. データ

本稿は、Kabwe Household Socioeconomic Survey (KHSS) 2017 及び並行して行われた北海道大学獣医学部及びザンビア大学獣医学部による血液検査のデータを用いる。KHSS 2017 は、2017 年にカブウェ市全域からランダム抽出された 996 家計 4,900 人を対象にした家計調査である。また調査対象となった家計から 4 人までを近隣のクリニックに招待し、血液調査を行った。ただし血液調査への参加率はそれほど高くはなく、約 40% の家計のみが参加した。また 10 歳以下の子供の参加率は比較的高い一方、大人の参加率はそれほど高くなく、また 10 代の子供の参加率はほぼゼロであるなど、参加者の平均的特性はカブウェ全体のそれと必ずしも一致しない。

鉛中毒のレベルを測る指標として、血中鉛濃度 (BLL, 単位は $\mu\text{g}/\text{dL}$) を用いる。近年の先進国においては $5\mu\text{g}/\text{dL}$ が鉛中毒の基準として用いられており、値が高くなるほど多くの症状が起こる。ただし、 $5\mu\text{g}/\text{dL}$ 前後の低濃度でも、子供の IQ 低下などの問題は起こりうる。血中鉛濃度の測定には、LeadCare II を用いている¹⁾。

3. カブウェにおける鉛中毒の現状

血液検査に参加した 827 人では、血中鉛濃度の平均は $21.0\mu\text{g}/\text{dL}$ であり、先進国での基準の 4 倍強であった。また特に 0-9 歳の子供においては、 $28.4\mu\text{g}/\text{dL}$ と非常に高い。

しかしながら、血液検査に参加した人々が、非参加者よりも血中鉛濃度が高い（低い）集団である場合、血中鉛濃度の実測値平均は鉛中毒の現状を過剰（過少）に評価することとなりうる。ここでは詳細は割愛するが、特に大人においては、参加者は非参加者よりもやや貧しく、汚染地域からはやや離れた地点に居住しているなど、参加者と非参加者の特性は異なっている部分もある。

そこで本稿では、0-10 歳の子供及び 19-59 歳の大人それぞれについて、血中鉛濃度を家計調査にて観測された性質に回帰し、血中鉛濃度の推定式を得、そこに血液調査非参加者を含めたすべての人々のデータを代入することで、血液検査非参加者を含めた血中鉛濃度の予測を行う。この手法では、観測可能な要素に関して、参加者と非参加者との間での性質の差をコントロールできる²⁾。推定式は以下の形で得られた³⁾：

$$\text{子供：} \log \text{BLL}_i = -0.937^{***} \log \text{distance}_i - 0.413^{***} \text{direction}_i + f(\text{age}_i) + \mathbf{X}_i \hat{\gamma}' \quad R^2 = 0.773$$

$$\text{大人：} \log \text{BLL}_i = -0.879^{***} \log \text{distance}_i - 0.493^{***} \text{direction}_i + g(\text{age}_i) + \mathbf{X}_i \hat{\gamma}' \quad R^2 = 0.711$$

1) LeadCare II の測定下限は $3.3\mu\text{g}/\text{dL}$ である。下限以下の血中鉛濃度については、正確な血中鉛濃度は不明であるものの、過去にカブウェにて別の機材を用いて行われた血液検査の結果から、下限以下の場合の血中鉛濃度は $2.6\mu\text{g}/\text{dL}$ と置いた。

2) これに加え、参加者と非参加者として血中鉛濃度に影響を与える観測できない要素においても差がある可能性を考慮し、Heckman のサンプルセレクションモデルを用いた分析も行ったが、そのような要素には大きな違いは見られなかったため、本稿では省略する。

distance_i はブラックマウンテンから家までの距離であり、 direction_i は家の方角が真西からどれだけ離れているかを角度であらわしたものである⁴⁾。 $\mathbf{X}_i$ は個人・家計の性質であり、性別、教育水準（子供の場合は母親の、大人の場合は本人の）、家計サイズなどであるが、係数については省略する。

年齢については、非線形な効果を得た。子供に関しては、血中鉛濃度は 1 歳強でピークに達し、その後は年齢とともに低下する。これは出生後外部環境にさらされて血中鉛濃度が上昇するが、成長するに伴い鉛の吸収率が下がり、また指しゃぶりなどを通した鉛の経口摂取が減少することで、血中鉛濃度は低下するのだと考えられる。大人については、子供と比べて年齢と血中鉛濃度の生理学的関係は明確ではなく、ここでも特に年齢と血中鉛濃度の有意な関係は見られなかった。

表 1 は、血中鉛濃度の実測値と、推定式から得られた血液検査非参加者を含めた全サンプル予測値を比較したものである。なお 11-18 歳の子供については、10 歳以下の子供の推定式から予測している。またすべてのカテゴリーで、サンプルウェイトを用い、カブウェの代表性を持たせている。全般的に、予測値は実測値よりも低くなっており、血液検査参加者はやや血中鉛濃度の高い集団であったと思われる。とはいえ予測値を用いた

表 1 血中鉛濃度実測値及び予測値

	全年齢	0-5 歳	6-10 歳	11-18 歳	19-39 歳	40-59 歳
観測平均	21.035	28.536	28.347	19.888	13.927	16.229
予測平均	15.470	24.237	19.256	14.300	11.138	12.113

注：サンプルウェイトを用いている。

3) * 10% 水準で有意, ** 5% 水準で有意, *** 1% 水準で有意。表 2 も同様。

4) すなわちブラックマウンテンから真西に向かう直線と家に向かう直線のなす鋭角である。過去にカブウェにて行われた調査から、土壌の汚染はブラックマウンテンの西側において強いことがわかっている (Tembo et al. 2006)。

としても、 $5\mu\text{g}/\text{dL}$ の基準より大幅に血中鉛濃度が高く、鉛中毒が看過できない問題であることには変わりはない。

4. 鉛中毒の経済社会行動への影響

血中鉛濃度の予測値は、それを説明変数として用いた分析においても有用である。筆者は血中鉛濃度予測値の対数を説明変数に用い、病気になる確率のプロビット推定、義務教育後の子供の就学確率のプロビット推定、労働所得の対数と労働時間当たり所得のOLS推定を行った。表2はそれぞれの推定での係数である。個人や家計の特性もコントロール変数に用いているが省略する。血中鉛濃度の上昇は、人々が病気になる確率を有意に上昇させ、労働時間当たりの所得を有意に低下させている。

表2 鉛中毒の病気、就学および労働への影響

	病気になる確率		就学確率	労働所得 の対数	労働時間当 たり所得
	0-18 歳	19-59 歳	14-18 歳	19-59 歳	19-59 歳
推定血中鉛濃度	0.109*** (0.0468)	0.110*** (0.0457)	0.0549 (0.0985)	0.0452 (0.0413)	-3.768** (1.482)
観測数	2,528	2,147	634	998	463

注：個人・家計の特性をコントロールしている。カッコ内は40の居住区域ごとにクラスター化した頑健標準誤差。

5. おわりに

本稿の分析はカブウェにおける鉛中毒の現状を照らし出すとともに、今後の研究における示唆をもたらすものである。カブウェ全体としての代表性を持つよう推定しても、血中鉛濃度は高く、鉛中毒の深刻さを示している。またここでは割愛しているが、血中鉛濃度推定式そのものの、鉛中毒の治療や鉛汚染削減のターゲットを定めるうえでも有用であろう。一方で鉛中毒の経済活動への効果は、鉛汚染の経済的損失を示唆し、将来の汚染削減策の便益にかかわる情報を提供する。ただし、本稿にて議論した経済活動への影響は、鉛中毒の持つすべての効果を網羅したものではなく、今後は他の指標（例えば最終就学年数、就業確率、農業生産、貧困）についても議論する必要があるだろう。

参考文献

- Blacksmith Institute and Green Cross Switzerland (2013): *The Worlds Worst 2013: The Top Ten Toxic Threats*. Available at <https://www.worstpolluted.org/>. (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- Canfield, R. L., C. R. Henderson Jr., D. A. Cory-Slechta, et al. (2003): "Intellectual Impairment in Children with Blood Lead Concentrations below $10\mu\text{g}$ per Deciliter." *The New England Journal of Medicine* 348, 1517-1526.
- Meyer, P. A., M. J. Brown, and H. Falk (2008): "Global approach to reducing lead exposure and poisoning." *Mutation Research* 659, 166-175.
- Tembo, B. D., K. Sichilongo, and J. Cernak (2006): "Distribution of copper, lead, cadmium and zinc concentrations in soils around Kabwe town in Zambia." *Chemosphere* 63, 497-501.
- Yabe, J., S. M. M. Nakayama, Y. Ikenaka et al. (2015): "Lead poisoning in children from townships in the vicinity of a lead-zinc mine in Kabwe, Zambia." *Chemosphere* 119, 941-947.