

活動記録法を用いた大規模災害対応活動に従事する 消防隊員のエネルギー消費量およびエネルギー摂取量の推定

Estimation of the Total Energy Expenditure and Energy Intake of Firefighters Engaged in Large-scale Disaster Relief Operations Using the Activity Recording Method

小泉奈央¹、緒形ひとみ²、吉武理香子¹、麻見直美³

Nao KOIZUMI¹, Hitomi OGATA², Rikako YOSHITAKE¹ and Naomi OMI³

¹ 筑波大学人間総合科学研究科体育科学専攻

Graduate School of Comprehensive Human Sciences, Doctoral Program in Physical Education, Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

² 広島大学大学院人間社会科学研究科

Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University

³ 筑波大学体育系

Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

要約

大規模災害対応活動に出動する消防隊員は、過酷な状況下でも適切な判断を下し、派遣期間を通して支障なく任務を遂行する必要がある。心身ともに望ましい体調を維持する上で適切な食事と休息は極めて重要であり、過酷な任務遂行に伴う疲労からの回復を含むコンディション管理が重要である。大規模災害対応活動中であっても摂取エネルギー不足は、適切な判断・認知の障害ともなりかねないが、実災害における消防隊員の総エネルギー消費量 (Total Energy Expenditure: TEE) の実態およびエネルギー摂取量の実態は明らかになっていない。本研究では、令和3年7月に発生した土砂災害に派遣された緊急消防援助隊 (緊援隊) の災害派遣活動記録を基に、活動記録法を用いてエネルギー消費量を推定するとともに記載された食事内容からエネルギー摂取量を推定した。推定された TEE は平均約 5,110kcal、エネルギー摂取量は1日あたり平均約 2,010kcal であり、その差は約 3,100kcal だった。人命救助を優先する実災害は大規模災害対応活動訓練よりもエネルギー消費量が高く推定された。また、エネルギー摂取量は、大規模災害対応活動訓練時よりも下回ることが明らかになった。

キーワード：消防隊員、エネルギー消費量、エネルギー摂取量、活動記録法、土砂災害

Summary

Firefighters engaged in large-scale disaster relief operations have a huge responsibility to carry out their duties without hindrance even under harsh conditions while making appropriate judgments throughout their dispatch period. In order to maintain a desirable physical and mental condition, managing health through proper diet and rest, and body condition through recovery from fatigue, is critical. Under such dire work conditions, a lack of proper energy intake such as food and drinking water may become factors that impair proper judgment and cognition. Despite its importance and need for such data, there is less research, and the total energy expenditure (TEE) and energy intake of firefighters in actual disasters has not yet been clarified. Thus, in this study, energy expenditure was estimated using the activity record method based on the disaster dispatch activity records of the National fire service team for disaster response dispatched to the site of a landslide disaster that occurred in July 2021. The energy intake was estimated from the recorded meal contents. Results showed that the estimated TEE was on average about 5,110 kcal and the energy intake was on average about 2,010 kcal per day, yielding a difference of about 3,100 kcal. Actual disasters where priority is given to saving lives are estimated to have higher energy expenditure than disaster activity training. Results also revealed that the energy intake was actually lower than during the large-scale disaster response training.

Keywords: Firefighter, Total Energy Expenditure, Energy Intake, Activity Recording Method, Landslide Disaster

1. はじめに

我が国は、その位置、地形、地質、気象などの自然的条件から、台風、豪雨、豪雪、洪水、土砂災害、地震、津波、火山噴火などによる災害が発生しやすい国土となっている¹⁾。世界全体に占める日本の災害発生割

合は、マグニチュード6以上の地震回数 20.8%、活火山数 7.0%、死者数 0.4%、災害被害額 18.3%など、世界の0.25%の国土面積に比して、非常に高くなっている¹⁾。政府の地震調査委員会の評価では、南海トラフ地震 (マグニチュード8~9級) の30年以内の発生確率

責任著者：麻見 直美

E-mail:omi.naomi.gn@u.tsukuba.ac.jp 〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1 体育科学系 A 棟 308

電話：029-853-6319

2023年9月30日受付；2024年1月4日受理

Received September 30, 2024; Accepted January 4, 2024

は70%～80%であり、南関東地域の直下地震（マグニチュード7程度）の30年以内の発生確率は70%程度であるなど、地震の切迫性が高まっている²⁾。また、気候変動等による自然災害のリスクが高まっており、今後も大規模災害の発生が危惧されている²⁾。大規模災害発生時に出勤し活動する緊急消防援助隊（以下、「緊援隊」）の消防隊員は、予測困難な状況下で、存命率を左右するタイムリミットだと言われている72時間以内に人命を救助するために³⁾、また被害状況に応じて迅速に対応するために、昼夜を問わず消防関連活動に従事する。さらに、大規模災害に派遣された後は市民の日常の安心安全を守るため、迅速に従来の勤務地において通常勤務に戻る必要がある。大規模災害時のみならず災害派遣に引き続く通常勤務においても、身体的、精神的に過酷な状況下でも適切な判断を下し、普段の訓練通りの災害対応活動能力を発揮することが求められる。心身ともに望ましい体調を維持する上で適切な食事と休息は極めて重要であり、過酷な任務遂行に伴う疲労からの回復を含むコンディション管理が重要である。大規模災害対応活動中であっても摂取エネルギー不足は、疲労の原因になる⁴⁾ほか、心機能（左心室拡張機能）の低下⁵⁾や筋肉の損傷などから活動対応能力の低下⁶⁾を引き起こすという報告があることから、人命を左右する災害対応活動を行う上で適切な判断・認知の障害ともなりかねない。大規模災害対応活動に従事する消防隊員のエネルギー消費量とエネルギー摂取量を知ることが、消防隊員の健康管理するために重要である。

自由生活下の一日あたりの総エネルギー消費量(Total Energy Expenditure:TEE)の推定は二重標識水(Double Labeled Water:DLW)法がゴールドスタンダードとされている⁷⁾が、DLW法は測定期間を通しての1日あたりの平均を測定する方法で、約5日から2週間の調査期間を要する⁸⁾。より短期間の測定をするために1日のみのエネルギー消費量や1日の中で活動強度が異なる活動を行った際の任意の時間のエネルギー消費量(Energy expenditure:EE)を推定する測定法として、加速度計(Accelerometer:AC)法⁹⁾や心拍数(Heart Rate:HR)法¹⁰⁾などが用いられてきた。我々は、これまで緊援隊の大規模災害対応活動訓練を対象に加速度計や心拍計を用いてエネルギー消費量の推定を行い^{11,12)}、消防関連活動種別毎の身体活動強度や1時間あたりのエネルギー消費量について検討を進めてきた¹²⁾。しかし、AC法やHR法では機器を着装する必要があるため、いつ発生するか分からず、発災後一刻の猶予もなく出勤する実災害での活動では計測機器の装着は困難であり、測定は難しい。活動記録(Activity Record:AR)法は、測定機器の装着の必要がないため、対象者への測定期間中の活動の制限がなく、突発的な活動にも適用可能であるというメリットがある¹³⁾。AR法で評価した野球選手のトレーニング中のEEを含む1日あたりのTEEが、DLW法で評価したTEEとよく一致していたことが報告されている¹⁴⁾。

エネルギー摂取量は食事調査によって調査されることが多い¹⁵⁾。我々は大規模災害対応活動訓練時の食事内容の調査などからエネルギー摂取量の推定を行ってきた¹⁶⁾が、実災害のエネルギー摂取量の調査はあまり見られない。

突発的に発生する大規模災害に対し、消防隊員はただちに出勤して活動を行うため、実災害の調査実施において事前準備が必須の調査を行うことは困難である。大規模災害対応活動において、消防隊員は人命救助および早

期の被害拡大防止のため、適切な災害対応活動能力を発揮する必要がある。大規模災害対応活動中であっても摂取エネルギー不足は疲労の原因⁴⁾となり身体への影響⁵⁾や活動対応能力の低下⁶⁾をもたらすことが報告されている。このことから、大規模災害対応活動における消防隊員のエネルギー出納を把握する必要があると考える。そこで本研究では、実災害の災害派遣活動記録を基にAR法を用いて大規模災害対応活動時のエネルギー消費量を推定するとともに災害派遣活動記録に記載された食事内容からエネルギー摂取量を推定することとした。

2. 方法

本研究では、令和3年7月に静岡県で発生した土砂災害に派遣された緊援隊の第一次派遣隊および第二次派遣隊の災害派遣活動記録を用いた。この土砂災害は、大雨により発生した土石流により、延長約1km、最大幅約120mにわたり被災した大規模災害で、多くの人的・物的被害が発生した¹⁷⁾。多数の安否不明者の救助救出活動が行われ、発災58時間後には64名の安否不明者の氏名が被災県から公表された¹⁷⁾。当該災害において、令和3年7月3日から同月26日までの24日間にわたり緊援隊の災害派遣活動が行われ、のべ2,097隊、のべ7,961人の隊員が活動にあたった¹⁸⁾。災害派遣活動記録は、30分間隔で記録された。各派遣隊が災害現場に到着して活動を開始した時点から活動終了するまでの72時間を3日間として災害派遣活動記録から得られた情報を基にTEEを算出した。災害派遣活動記録は、緊援隊が所属する消防本部から調査研究利用の同意を得た上で受領し、人物が特定できないようデータを処理するとともに情報管理を徹底した。

2-1. エネルギー消費量

TEEは、人が生きていく上で必要な最小限のエネルギーである基礎代謝量(basal metabolic rate:BMR)、食後に、主として食物を消化・吸収・運搬するためにみられる熱産生である食事誘発性熱産生(diet-induced thermogenesis: DIT)、身体活動によるエネルギー消費量である活動時代謝量(Activity Energy Expenditure:AEE)から構成される⁷⁾。本研究では、それぞれを次のように推定した。

2-1-1. 基礎代謝量(basal metabolic rate:BMR)

BMRの推定には、国立栄養研究所が作成したGanpule式¹⁹⁾の推定式を用いて推定した。緊援隊の消防隊員の平均年齢は、34歳から35歳であった^{11,12)}。このことから本研究では、厚生労働省平成30年国民健康・栄養調査の30-39歳男性の平均身長および体重²⁰⁾を参照した。

推定式は以下のとおりである。(推定式¹⁹⁾) $BMR(kcal/日) = (0.0481 \times 体重 + 0.0234 \times 身長 - 0.0138 \times 年齢 - 0.4235) \times 1,000/4.186$

2-1-2. 食事誘発性熱産生(diet-induced thermogenesis: DIT)

DITは、先行研究と同様に $DIT = 0.1 \times TEE$ の推定式から推定した²¹⁾。

2-1-3. 活動時代謝量(Activity Energy Expenditure:AEE)

AEEは、災害対応を行った活動に対しては消防関連活動種別毎の時間あたりのエネルギー消費量の標準推定値

¹²⁾ から土砂掘削救助活動の項目を用いて、災害対応活動以外の身体活動には、それぞれが対応すると考えられる身体活動のメッツ (METs) 値 (座位安静時代謝量の倍数で表した身体活動の指標) を身体活動の METs 表²²⁾ から抜粋してエネルギー消費量に換算し、それらを加算することで推定した (表 1)。

2-2. エネルギー摂取量

エネルギー摂取量は、活動に従事した消防本部が令和 4 年 3 月時点で備蓄している大規模災害などの災害派遣のために用いることが想定されている食料と災害派遣活動記録に記載のあった実際の食事内容から推定した。推定には、2019 年の調査時に販売していたレトルト食品等の長期保存可能食品 52 種類 200 商品の食品成分および価格を調査し、同一種類と判断される食品それぞれについて、荷重平均成分表の作成手順を参考に我々が算出した栄養価²³⁾ と、日本食品成分表²⁴⁾ を用いて算出した。

3. 結果

3-1. エネルギー消費量

AR 法によって推定された TEE を図 1 に示した。全体

平均 TEE は $5,108 \pm 385\text{kcal}$ だった。第一次派遣隊の 3 日間の平均は $5,171 \pm 413\text{kcal}$ 、第二次派遣隊の 3 日間の平均 TEE は $5,046 \pm 433\text{kcal}$ だった。第一次派遣隊の 1 日目の TEE が最も高く ($5,501\text{kcal}$)、第二次派遣隊の 3 日目の TEE が最も低かった ($4,548\text{kcal}$)。また、図 2 に活動種別毎に 24 時間中の各活動実施時間 (分) を示した。最も TEE が高かった第一次派遣隊の 1 日目は救助活動時間が 243 分で第一次派遣隊 2 日目に次いで 2 番目に長く、休憩時間および仮眠時間が最も短いことが分かった。第一次派遣隊の休憩時間は平均 33 分であるのに対して、第二次派遣隊の休憩時間は平均 285 分だった。最も TEE が低かった第二次派遣隊 3 日目は、救助活動時間が 90 分で最も短く、待機時間が 435 分で最も長かった。食事は第一次派遣隊と第二次派遣隊すべての災害派遣活動記録内で合計 8 回確認でき、1 回の平均時間は 21 分だった。さらに、図 3 に活動種別毎の活動実施時間中のエネルギー消費量 (kcal) を示した。第一次派遣隊 2 日目の救助活動におけるエネルギー消費量が最も高かった ($2,293\text{kcal}$)。第二次派遣隊は、1 日目の救助活動のエネルギー消費量が最も高く、2 日目 3 日目と経過するにつれて救助活動のエネルギー消費量も減少した。

表 1. 消防関連活動を含む各身体活動の活動強度と時間あたりのエネルギー消費量の標準推定値

活動種別	活動強度 METs 値	身体活動内容	時間あたりの エネルギー 消費量の標準推定値 (kcal) (30-39 歳男性 平均体重 71kg* 安静時代謝を除く **)	出典
土砂掘削 救助活動	5.7	土砂災害対応活動時に土砂の掘削などを行い、 要救助者などを捜索・救出する	334	参考文献12
偵察	5	歩行や階段を降りる、または立位：11.3-22.2kg の物を運ぶ	284	参考文献22
移動 (徒歩)	5	歩行や階段を降りる、または立位：11.3-22.2kg の物を運ぶ	284	参考文献22
準備	3	歩行：職場で物を回収する、出発の準備をする	142	参考文献22
整備	3	歩行を含む家財道具の片付け：ほどほどの労力	142	参考文献22
ミーティング	3	立位作業：楽な労力(例：パーテンドー、商店の 販売員、組立作業、書類整理、コピーをとる、 図書館司書、クリスマスツリーの飾りつけ、祈 話、体育授業での着替え、立位)	142	参考文献22
待機	2.5	立位：さまざまなことをする	107	参考文献22
食事	1.8	静養・家族で親睦：座位、くつろぐ、祈話を する、食事をする	57	参考文献22
移動 (車)	1.3	自動車やトラックに乗車	21	参考文献22
休憩	1.3	デスクに向かって座る：手を頭の後ろに組む	21	参考文献22

災害派遣活動記録から読み取ることができた身体活動の活動強度 (METs 値) と活動内容、各項目の 1 時間あたりのエネルギー消費量を示した。* 体重は、厚生労働省平成 30 年国民健康・栄養調査 30-39 歳の男性の平均身長および体重を参照した。**1 時間あたりのエネルギー消費量 (kcal) = METs 値 - 1METs $\times$ 71 (kg) $\times$ 1 (hour)²²⁾

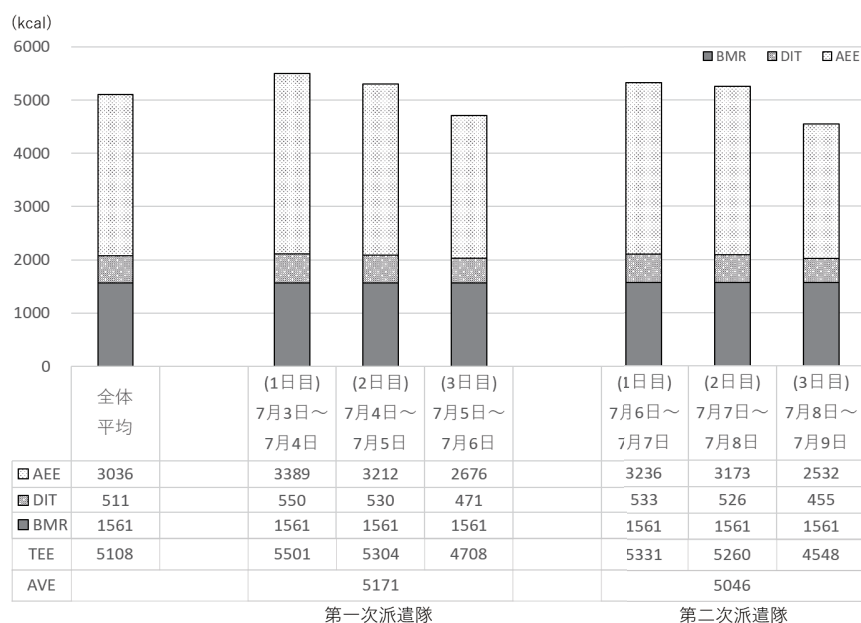


図 1. 大規模災害対応活動を行う消防隊員の 1 日の総エネルギー消費量

活動時代謝量 (Activity Energy Expenditure:AEE) は、災害対応を行った活動に対しては消防関連活動種別毎の時間あたりのエネルギー消費量の標準推定値¹²⁾ から土砂掘削救助活動の項目を用いた。食事誘発性熱産生 (diet-induced thermogenesis: DIT) は 1 日あたりの総エネルギー消費量 (Total Energy Expenditure:TEE) × 0.1 とした²¹⁾。基礎代謝量 (basal metabolic rate:BMR) は国立栄養研究所が作成した Ganpule 式¹³⁾ を用いて推定した。厚生労働省平成 30 年国民健康・栄養調査 30 - 39 歳の男性の平均身長および体重²⁰⁾ を参照した。各派遣隊の 3 日間の平均 (Average:AVE) を示した。災害対応活動以外の身体活動は、対応する身体活動メッツ (METs) 値を身体活動の METs 表²²⁾ から抜粋し、エネルギー消費量に換算した。災害派遣活動記録から読み取ることができた活動は、活動実施時間あたりのエネルギー消費量を算出した。これらを加算して TEE を推定した。

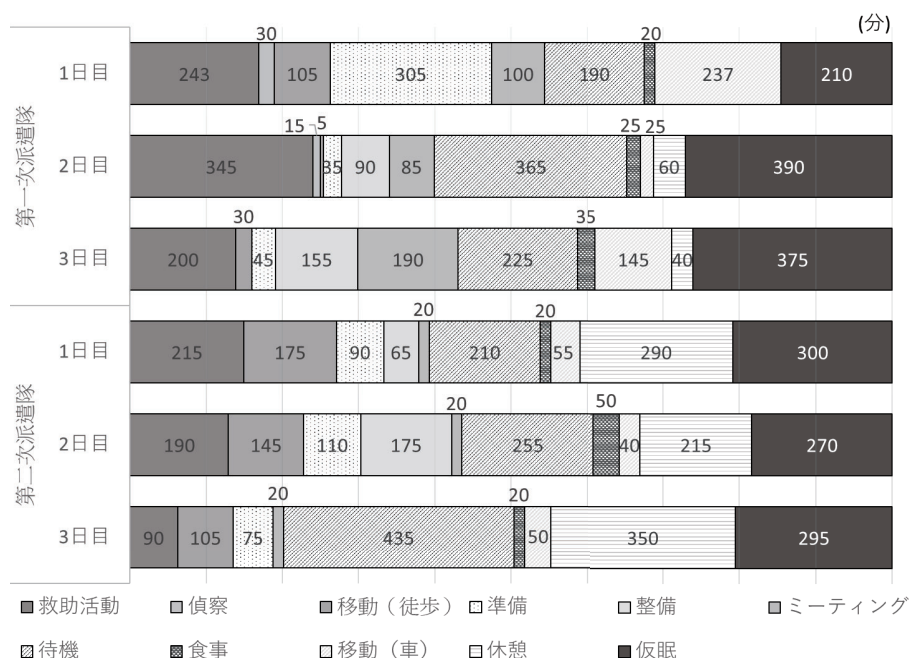


図 2. 派遣隊別各活動日毎の活動種別毎活動実施時間の内訳

災害派遣活動記録から派遣隊別に各活動日毎の 24 時間中の活動種別毎の活動実施時間 (分) を示した。活動種別は 11 種類に分けられ、1 時間あたりのエネルギー消費量が高いものを左から順に示した。救助活動時間は、第一次派遣隊では 1 日あたり平均 263 分であるのに対し、第二次派遣隊では 1 日あたり平均 165 分だった。また、休憩時間は、第一次派遣隊では 1 日あたり平均 33 分であるのに対して、第二次派遣隊では 1 日あたり平均 285 分だった。このことから、第一次派遣隊は第二次派遣隊に比べて 1 日あたりの平均では救助活動時間が長く、休憩時間は短いことが明らかとなった。食事は第一次派遣隊と第二次派遣隊すべての災害派遣活動記録内で合計 8 回確認でき、1 回の平均時間は 21 分だった。

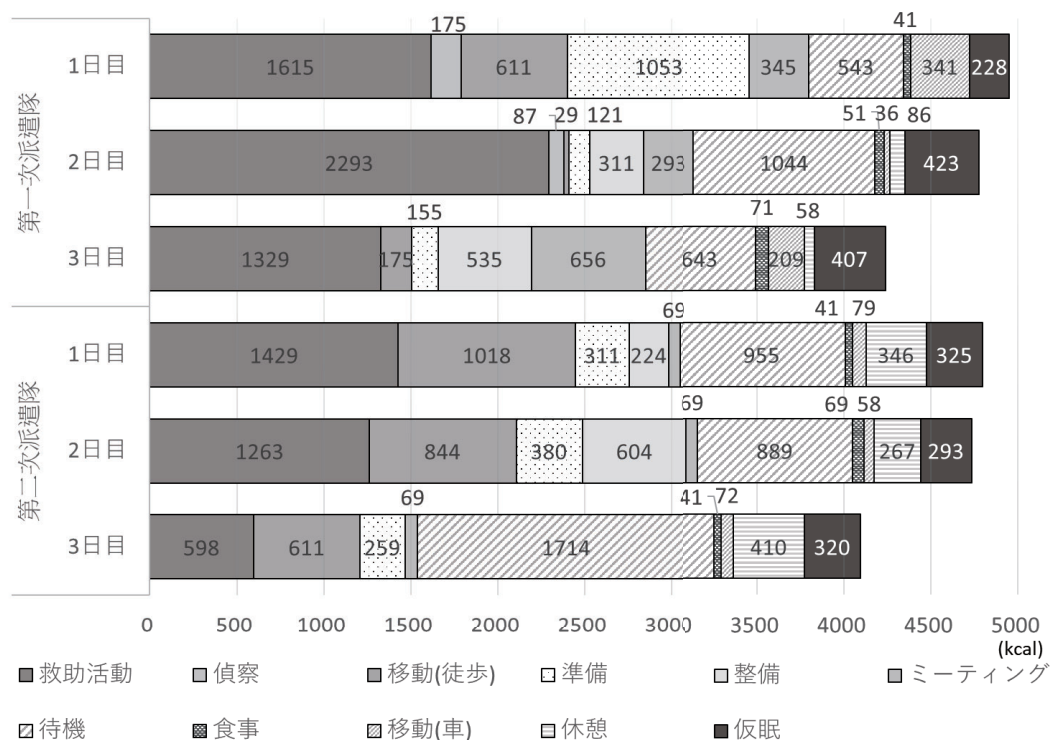


図 3. 派遣隊別各活動日毎の活動種別毎エネルギー消費量内訳

災害派遣活動記録から派遣隊別に各活動日毎の活動種別毎活動実施時間中のエネルギー消費量 (kcal) を示した。活動種別は 11 種類に分けられ、1 時間あたりのエネルギー消費量が高いものを左から順に示した。1 日の総エネルギー消費量 (Total Energy Expenditure; TEE) が最も高い第一次派遣隊 1 日目は、救助活動、偵察、移動 (歩行)、準備、整備、ミーティングまでの項目の合計エネルギー消費量が 3,798kcal だったが、TEE が最も低かった第二次派遣隊 3 日目では同項目の合計が 1,537kcal だった。また、第二次派遣隊は、1 日目の救助活動のエネルギー消費量が最も高く、2 日目 3 日目と経過するにつれて救助活動のエネルギー消費量も減少した。

3-2. エネルギー摂取量

大規模災害などの災害派遣のために準備されていた備蓄食料の 3 日分の献立と、実際の災害派遣活動記録から読み取れた食事内容から、1 日のエネルギー摂取量を算出した。さらに、各食品に含まれるたんぱく質、脂質、炭水化物の重量を加算して 1 日の総重量を算出し、エネルギー比率を求めることで、エネルギー産生栄養素バランスを算出した。(表 3) (表 4) (表 5)。大規模災害などの災害派遣のために準備されていた備蓄食料の 3 日間の平均エネルギー量は 1 日あたり 1,703 ± 69kcal だった。めし (レトルト) と主菜の組み合わせが 1 食の内容となっていた。災害派遣活動記録内に記載されている食事内容から推定された実災害時のエネルギー摂取量は

第一次派遣隊は 1 日あたり平均 1,836 ± 209kcal、第二次派遣隊は 1 日あたり平均 2,181 ± 174kcal、全体では 1 日あたり平均 2,009 ± 255kcal だった。第二次派遣隊の 1 日目と 2 日目の昼食は災害派遣活動記録に記載がなかったため、第一次派遣隊の 3 日分の昼食と第二次派遣隊の 3 日目の昼食の平均値を代入した。事前に準備されていた備蓄食料よりも実災害の方が約 300kcal 程度多い結果となった。第一次派遣隊 1 日目はほぼ事前準備されていた食品を食べているが、第二次派遣隊 3 日目は 3 食ともに事前準備されていた食品を食べておらず、実災害では時間の経過とともに事前に準備された献立にはない食品を食べることが多くなり、食事の内容に変化が見られた。

表 3. 大規模災害などの災害派遣のために事前に準備されていた
備蓄食料の 3 日間の献立およびエネルギー量とエネルギー産生栄養素バランス

		品名	重量(g) 水のみℓ で表記	エネルギー 量 (kcal)	1食分の エネルギー量 (kcal)	1日分の エネルギー 量 (kcal)	エネルギー産生 栄養素バランス* (%)		
							たんぱく質	脂質	炭水化物
1日目	朝食	めし（レトルト）	200	312	450	1739	15.5	21.7	62.8
		牛丼の素	120	138					
	昼食	めし（レトルト）	200	312	692				
		親子丼の素	200	100					
	夕食	鯖の煮付け缶	130	280	597				
		めし（レトルト）	200	312					
		レトルトカレー	200	165					
飲料	焼き鳥(たれ)缶	70	120						
	水	2ℓ							
2日目	朝食	めし（レトルト）	200	312	450	1624	12.3	23.2	64.6
		牛丼の素	120	138					
	昼食	めし（レトルト）	200	312	577				
		中華丼の素	200	145					
	夕食	焼き鳥(たれ)缶	70	120	597				
		めし（レトルト）	200	312					
		レトルトカレー	200	165					
飲料	焼き鳥(たれ)缶	70	120						
	水	2ℓ							
3日目	朝食	めし（レトルト）	200	312	412	1746	14.4	23.8	61.8
		親子丼の素	200	100					
	昼食	めし（レトルト）	200	312	577				
		中華丼の素	200	145					
	夕食	焼き鳥(たれ)缶	70	120	757				
		めし（レトルト）	200	312					
		レトルトカレー	200	165					
飲料	鯖の煮付け缶	130	280						
	水	2ℓ							

大規模災害などの災害派遣のために備蓄している食料の 3 日分の献立からエネルギー量およびエネルギー産生栄養素バランスを算出した。* エネルギー産生栄養素バランスは、各食品に含まれるたんぱく質、脂質、炭水化物の重量から 1 日の総重量を求め、エネルギー比率を算出した。大規模災害などの災害派遣のために準備されていた備蓄食料の 3 日間の平均エネルギー量は 1 日あたり 1,703 ± 69kcal だった。1 食の内容は、めし(レトルト)と主菜の組み合わせとなっていた。

表 4. 災害派遣活動記録から読み取れた実災害での食事内容の
エネルギー摂取量およびエネルギー産生栄養素バランス (第一次派遣隊)

	活動記録内名称	品名	重量(g)	エネルギー 量 (kcal)	1食分の エネルギー量 (kcal)	1日分の エネルギー 量 (kcal)	エネルギー産生 栄養素バランス* (%)		
							たんぱく質	脂質	炭水化物
1日目	夕食	レトルトごはん	めし(レトルト)	200	312	477			
		レトルトカレー	レトルトカレー	200	165				
	朝食	レトルトごはん	めし(レトルト)	200	312	450			
		レトルトどんぶり	牛丼の素	120	138				
	昼食	パン	ロールパン (約3個)	100	309	669	9.5	25.8	64.7
2日目	夕食	レトルトごはん	めし(レトルト)	200	312	861			
		カップラーメン	インスタントラーメン	103	429				
	朝食	缶詰	焼き鳥(たれ)缶	70	120	412			
		レトルトごはん	めし(レトルト)	200	312		11.4	25.8	62.8
	昼食	パン	ロールパン (約3個)	100	309	669			
3日目	夕食	レトルトごはん	めし(レトルト)	200	294	863			
		カップラーメン	インスタントラーメン	103	429				
	朝食	缶詰(2人で1個)	鯖の煮付け缶	65	140	439			
		レトルトごはん	めし(レトルト)	200	294		9.9	30.8	59.3
	昼食	パン	ロールパン (約3個)	100	309	669			
		クッキー	クッキー:ブロック型	75	360				

災害派遣活動記録に記載のあった食事の内容からエネルギー摂取量およびエネルギー産生栄養素バランスを算出した。* エネルギー産生栄養素バランスは、各食品に含まれるたんぱく質、脂質、炭水化物の重量から 1 日の総重量を求め、エネルギー比率を算出した。エネルギー摂取量は、1 日あたり平均 1,836 ± 209kcal だった。カップラーメン・パン・クッキー以外は、事前に準備されている備蓄食料を摂取した。昼食は 3 日間共にパン・クッキーだった。

表 5. 災害派遣活動記録から読み取れた実災害での食事内容の
エネルギー摂取量およびエネルギー産生栄養素バランス（第二次派遣隊）

		活動記録内名称	品名	重量(g)	エネルギー量 (kcal)	1食分の エネルギー量 (kcal)	1日分の 総エネルギー 摂取量* (kcal)	エネルギー産生 栄養素バランス** (%)		
								たんぱく質	脂質	炭水化物
1 日目	夕食	レトルトごはん	めし(レトルト)	200	294	888	2268	9.8	28.8	61.4
		レトルトカレー	レトルトカレー	200	165					
		カップラーメン	インスタントラーメン	103	429					
	朝食	レトルトごはん	めし(レトルト)	200	294	694				
		やきとり缶	焼き鳥(たれ)缶	70	120					
		さば缶	鯖の煮付け缶	130	280					
昼食	不明				-					
2 日目	夕食	アルファ化米	アルファ化米	100	386	815	2293	6.6	30.5	62.9
		カップラーメン	インスタントラーメン	103	429					
	朝食	パン	ロールパン	100 (約3個)	309	792				
		インスタントスープ	味噌汁	20	30					
		バナナ	バナナ	100	93					
		クッキー	クッキー:ブロック型	75	360					
		昼食	不明							
3 日目	夕食	カップラーメン	インスタントラーメン	103	429	599	1981	6.4	31.5	62.1
		おにぎり	おにぎり	100	170					
		クッキー	クッキー:ブロック型	75	360					
	朝食	ゼリー飲料	ゼリー飲料:ゼリー型	192	191	644				
		バナナ	バナナ	100	93					
		カップラーメン	インスタントラーメン	103	429					
	昼食	パン	ロールパン	100 (約3個)	309	738				

災害派遣活動記録に記載のあった食事の内容からエネルギー摂取量およびエネルギー産生栄養素バランスを算出した。* 第二次派遣隊の1日目と2日目の昼食は災害派遣活動記録に記載がなかったため、第一次派遣隊の3日分の昼食と第二次派遣隊の3日目の昼食の平均値を代入した。** エネルギー産生栄養素バランスは、各食品に含まれるたんぱく質、脂質、炭水化物の重量から1日の総重量を求め、エネルギー比率を算出した。エネルギー摂取量は、1日あたり平均2,181 ± 174kcal だった。事前に準備された備蓄食料にはなかった食品が多く含まれた。2日目3日目には、バナナを朝食に摂取しており、第一次派遣隊の3日間と第二次派遣隊1日目には無かった果物の摂取が確認できた。

4. 考察

本研究では、AR法を用いて実災害での大規模災害対応活動に従事する消防隊員のエネルギー消費量とエネルギー摂取量を土砂災害派遣時の災害派遣活動記録から推定した。

AR法を用いて土砂災害の災害派遣活動記録から推定したTEEは、5,108 ± 385kcal/日だった。一方、我々が大規模災害対応活動訓練に従事する消防隊員のTEEをAC法で測定した結果3606 ± 499kcal/日だった¹¹⁾。また、災害対応のなかった通常勤務時の消防隊員のTEEをAR法を用いて推定した結果、3704 ± 476kcal/日だったと報告されている²⁵⁾。大規模災害発災当日から72時間活動を行った第一次派遣隊と、引き続き派遣された第二次派遣隊が従事した実災害での大規模災害対応活動は、訓練時や通常勤務時よりもエネルギー消費量が高くなることが示唆された。

また、大規模災害などの災害派遣のために準備されていた備蓄食料のエネルギー量は1日あたり約1,700kcalであり、災害派遣活動記録から推定されたエネルギー摂取量は1日あたり約2,010kcalだった。実災害の災害派遣活動記録から推定されたエネルギー消費量とエネルギー摂取量には1日あたり約3,100kcalの差があった。これまで我々が調査を行った大規模災害対応活動訓練において準備されていた食のエネルギー量は1日あたり約2,700kcalであった¹⁶⁾。この結果と比較しても、本研究結果はいずれも大規模災害対応活動訓練時のエネルギー摂取量を下回るものだった。備蓄食料として準備

されていた献立、災害派遣活動記録から読み取れた食事内容共に、1食の内容は主食1品に加えて主菜1品から2品であった。この食事内容では大規模災害対応活動に従事する消防隊員のエネルギー消費量と差ができることが明らかになった。日本人の食事摂取基準²⁶⁾では、推定エネルギー必要量(kcal/日) = 基礎代謝量(kcal/日) × 身体活動レベルの推定式からエネルギー必要量を算出できるとしている。30 - 49歳の男性の身体活動レベルが高い群²⁶⁾として本研究で対象とした消防隊員の基礎代謝量を用いて算出すると、1日あたりのエネルギー必要量は3,122kcalとなった。このことから、本研究で得られた実災害でのエネルギー摂取量は身体活動レベルが高い男性のエネルギー必要量として不足が考えられた。エネルギー消費に見合ったエネルギー摂取が出来ない場合に生じるエネルギー源の枯渇は疲労の主たる原因とされ⁴⁾、疲労による活動対応能力の低下や集中力の低下が懸念されると報告されている¹⁶⁾。Margolisらは、兵士の7日間の軍事トレーニングにおいて1日あたりのエネルギー摂取量がエネルギー消費量を約2,000kcal下回った結果、筋肉の損傷と痛みが増加し、活動対応能力が徐々に低下したことを報告している⁶⁾。また、Planerらは極度のエネルギー不足の中、85 - 103時間に24時間あたり約5,000kcalのエネルギー消費を伴う軍事野外演習を行った結果、心機能(左心室拡張機能)に低下が見られたことを報告している⁵⁾。以上から、24時間あたり3,000kcalを超えるエネルギー不足は、疲労の原因となるばかりでなく、心身に悪影響を及ぼすことが考え

られる。

災害派遣活動記録から読み取れた各活動時間からは、第一次派遣隊の休憩時間は平均 33 分であるのに対して、第二次派遣隊の休憩時間は平均 285 分だった。発災後すぐの災害急性期に活動した第一次派遣隊は、休憩もままならず活動していたこと明らかとなった。また、食事に充てられた時間が平均 21 分であることも明らかになった。準備と片付けを含めた所要時間であることから、人命救助を優先する災害急性期の災害対応活動においては、食事に充てられる時間も限られており、この時間内でいかにエネルギー摂取を行うかという課題を今後検討する必要性が考えられた。

食事の内容は、第一次派遣隊の 1 日目では大規模災害などの災害派遣のために準備された備蓄食料の献立通りのものを食べていた。しかし、第二次派遣隊 3 日目では、事前に準備された食品は食べておらず、おにぎり、カップラーメン、ゼリー飲料、パンなどその場での調理がほぼ不要な食事を摂っていた。1 回の食事に充てられる時間の平均が準備や片付けを含めて約 21 分であったことから簡便に短時間で食べられる食品の摂取が増えたことが考えられる。日本人の食事摂取基準において、エネルギー産生栄養素バランスの目標量として 30 - 49 歳（男性）は、たんぱく質 13 ~ 20%、脂質 20 ~ 30%、炭水化物 50 ~ 65% と示されている²⁶⁾が、第二次派遣隊 3 日目では、たんぱく質は目標量を大きく下回り、脂質は上回っていた。

本研究において、大規模災害対応活動を行う消防隊員はエネルギー消費量に対してエネルギー摂取量が少ないことが推定された。今後は、不足しているエネルギー量をどの程度補う必要があるのかの検討が課題である。また、エネルギー摂取量を増加させる方法として、限られた食事時間内に摂取でき、簡便に準備片付けができる形状や方法の検討が必要である。

本研究の研究限界として、食事の記録からは、各隊員の残食などの記載がないため、実際にすべてのエネルギーを摂取しているかは不明である。また、間食などの各隊員個人が行った栄養補給の記録がなかったため、エネルギー摂取量を過小評価している可能性が考えられる。

5. 結論

本研究では、大規模災害対応活動に従事した消防隊員の実災害の災害派遣活動記録から、エネルギー消費量とエネルギー摂取量を推定した。その結果、1 日あたりのエネルギー消費量は約 5,110kcal で、エネルギー摂取量は約 2,010kcal であり、エネルギー消費量はエネルギー摂取量を約 3,100kcal 上回ることが明らかとなった。災害対応活動能力の維持や消防隊員の健康を管理する上で、不足しているエネルギーを補う必要性が考えられるが、人命救助を優先とする災害現場では、限られた時間の中で栄養補給を行う必要がある。今後はエネルギー消費量に対して大きく不足しているエネルギー摂取量をどの程度、どのように補っていくのかの検討が必要であると考えられる。

謝辞

本調査にご協力いただきました緊急消防援助隊関係消防職員の皆さまに感謝致します。

参考文献

1) 内閣府. “1 災害を受けやすい日本の国土：平成 18 年

版 防災白書”. 内閣府ホームページ. <https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h18/bousai2006/html/honmon/hm01010101.htm> (参照 2023-9-22)

- 2) 内閣府. “特集 1 第 2 章 第 1 節 自然災害の激甚化・頻発化等：令和 5 年版 防災白書”. 内閣府ホームページ. https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/honbun/t1_2s_01_00.html (参照 2023-9-22)
- 3) 総務省消防庁, 特報 2 “～緊急消防援助隊の応援等の要請等に関する要綱等の改正について～”, https://www.fdma.go.jp/publication/ugoki/items/rei_0408_11.pdf. 総務省消防庁ホームページ, (参照 2023-9-22)
- 4) 三野正浩, 麻見直美, 交替勤務制消防官における食生活習慣の実態および体力との関係. 消防技術安全所報, 2006, 43 号, PP.192-196
- 5) David Planer, David Leibowitz, Amir Hadid, Tomer Erlich, Nir Sharon, Ora Paltiel, Elad Jacoby, Chaim Lotan, Daniel S. Moran. The Effect of Prolonged Physical Activity Performed during Extreme Caloric Deprivation on Cardiac Function. PLoS ONE, 2012, 7(2) 2012: e31266. 1-5
- 6) Lee M. Margolis, Nancy E. Murphy, Svein Martini, Marissa G. Spitz, Ingjerd Thrane, Susan M. McGraw, Janet-Martha Blatny, John W. Castellani, Jennifer C. Rood, Andrew J. Young, Scott J. Montain, Yngvar Gundersen, Stefan M. Pasiakos. Effects of winter military training on energy balance, whole-body protein balance, muscle damage, soreness, and physical performance. Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2014, 39: 1395-1401
- 7) 田中茂穂, 特集 必要エネルギー量の算出法と投与の実際：総論 エネルギー消費量とその測定方法. 静脈経腸栄養, 2009, Vol.24 No.5, p.5 - 11
- 8) 齊藤 慎一, 島田 美恵子, 吉武 裕, 田中 宏暁. 二重標識水法によるエネルギー消費量測定の原理とその応用. 栄養学雑誌, 1999, 57: 317-332.
- 9) Heil DP. Estimating energy expenditure in wildland fire fighters using a physical activity. Applied Ergonomics, 2002, 33: 05-413.
- 10) Robertson AHC, Leduc CR, McGillis Z, Eger T, Godwin A, Larivière M, Dorman SCLarivière. Novel Tools in Determining the Physiological Demands and Nutritional Practices of Ontario Fire Rangers during Fire Deployments. PLoS One, 2017, 12, e016.
- 11) Nao Koizumi, Yutaro Negishi, Hitomi Ogata, Randeep Rakwal, Naomi Omi. Estimating Total Energy Expenditure for Fire-Fighters during Large Scale Disaster Response Training Using a Tri-Axial Accelerometer. Nutrients. 2021, 14;13(8):2789, doi: 10.3390/nut13082789.
- 12) Nao Koizumi, Hitomi Ogata, Yutaro Negishi, Hisashi Nagayama, Miki Kaneko, Ken Kiyono, Naomi Omi. Energy Expenditure of Disaster Relief Operations Estimated Using a Tri-Axial Accelerometer and a Wearable Heart Rate Monitor. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2023, 20:5742, doi: 10.3390/ijerph20095742.
- 13) 吉田明日美, 高田和子, 鈴木 尚人, 櫛部 静二, 磯 繁雄, 田口素子, 田中茂穂, 樋口満, 主観的運動強度に基づく活動記録法によるトレーニング中のエネルギー消費量評価の妥当性. 体力科学, 2015, 第 64 巻 第 1 号 PP.125-

- 14) 引原有輝, 齊藤慎一, 吉武裕, 高校野球選手における簡易エネルギー消費量測定法の妥当性の検討. 体力科学, 2005, 第 54 巻 PP.363-372
- 15) 吉田明日美, 高田和子, 別所京子, 田口素子, 辰田和佳子, 戸谷誠之, 樋口満, 女性スポーツ選手における食事記録法による エネルギー摂取量の評価誤差に関連する要因. 栄養学雑誌, 2012, Vol.70 No.5 PP.305 - 315
- 16) 雨宮美宇, 小泉奈央, 緒形ひとみ, 麻見直美, 大規模災害を想定した訓練における消防隊員の 活動食・補給食の実態調査. 日本災害食学会誌, 2019, VOL.6 NO.2 PP.43-49
- 17) 静岡県, “熱海市伊豆山地区土砂災害関連情報について”, https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/035/911/atamisokatsu0703.pdf. 静岡県ホームページ, (参照 2023-09-28)
- 18) 総務省消防庁. “特集1 最近の大規模自然災害等への対応: 令和3年版 消防白書”. 総務省消防庁ホームページ. <https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/r3/topics1/63756.html> (参照 2023-9-22)
- 19) Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, et al. Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. Eur J Clin Nutr. 2007, 61: 1256-61.
- 20) 厚生労働省, 平成30年国民健康・栄養調査報告. 厚生労働省ホームページ, <https://www.mhlw.go.jp/content/001066884.pdf> (参照 2023-9-22)
- 21) Hiroyuki Sasai, Yoshio Nakata, Haruka Murakami, Ryoko Kawakami, Satoshi Nakae, S higeo Tanaka, Kazuko Ishikawa-Takata, Yosuke Yamada, and Motohiko Miyachi3. Simultaneous Validation of Seven Physical Activity Questionnaires Used in Japanese Cohorts for Estimating Energy Expenditure: A Doubly Labeled Water Study. J Epidemiol. 2018, 28(10):437-44
- 22) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O' Brien WL, Bassett Jr DR, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs Jr DR, Leon AS, Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 2000, 32(9 Suppl):S498-504.
- 23) 根岸祐太郎, 小泉奈央, 雨宮美宇, 鶴田有彩, 宮澤理花子, 緒形ひとみ, 麻見直美, 大規模災害発生時における災害対応に従事する消防隊員のための市販食品を用いた活動食および補給食メニューの検討. 日本災害食学会誌, 2019, VOL.6 NO.2, PP.35 - 41
- 24) 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会, 日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂). https://www.mext.go.jp/content/20201225-mxt_kagsei-mext_01110_011.pdf (参照 2023-9-22)
- 25) 東野政貴, Rafamantanantsoa Hoby Hasina, 海老根直之, 彭雪英, 吉武裕, 田中宏暁, 齊藤慎一, 通常勤務体制下の消防官の二重標識水法による総エネルギー消費量測定. 体力科学. 2003, 52, p.265-274
- 26) 厚生労働省, 日本人の栄養摂取基準 (2020 年版), https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_08517.html. 厚生労働省ホームページ, (参照 2023-9-22)

