〈第35回　山﨑賞〉〈2018年度浜松市小中学生理科研究作品　金賞〉
〈2018年度小中学生理科研究プレゼンテーションコンテスト　(株)丸八不動産奨励賞〉

津波体験キットを作ろう　～part2～

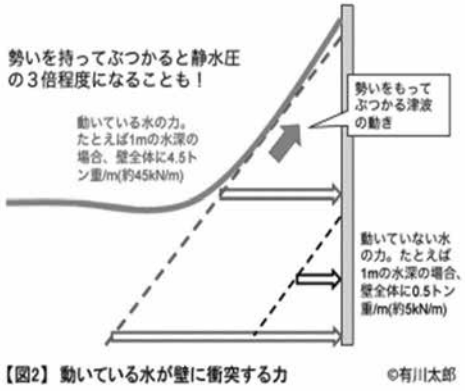
浜松市立神久呂中学校
２年　山本　賢一朗

１　動機

東日本大震災(2011年)では津波で多くの被害が発生し、静岡県でも地震発生時は津波の襲来が予想される。私の住む地域の津波被害は30cm～1mと見られており「30cmの津波なんて大丈夫だろう」と思っていたが、確かめてみようと思い、中１から研究を始めた。２年目の今年は、昨年できなかった甲から下の水圧の計算を行った。また、身近な水の脅威として豪雨の後の用水路を流れる水の威力を計算し、わかりやすく水の危険を伝える方法を模索した。

２　静水圧と動水圧

津波は普通の波と違い動水圧という種類の波になっており、威力は通常の波の９倍とされている。足のふくらはぎからくるぶし辺りの前半分に津波を受けたとして、前半分の面積159㎠にかかる水圧を計算した。ひざ下約20cmの側面にかかる水圧を体験キットにしたとき、片足に約８kgの衝撃となるとわかった。



上図：動水圧は静水圧の約３倍とされる

p

2018年６月特許取得
「津波体験キット」
(特許第6344585号)

静水圧を表現したウェイトを足首に巻き、動水圧を表現したエキスパンダーを引っ張り、津波の威力を体験できる。

１kgの重り（足首）　＋　バネを２本10cmのばすと７kg（エキスパンダー）　＝　８kg
8.0kgの力の表し方を重りとばねを利用して、２種類の力で表現することにした。

３　動水での津波体験キット作り

水槽たて cm	水槽横 cm		水槽深さ cm	水の重さ g	水槽の底面積 ㎠	1㎠あたりの水槽の底面にかかる重さ g 実際の水の重さ÷水槽の底面積	1㎠あたりの水槽の側面にかかる重さ g
30	20		足を入れて 20 cm	10240	600	17.07 (10240÷600=17.06666)	8.53 (17.07÷2=8.53)
30	20		足を入れて 7 cm	3440	600	5.73 (3440÷600=5.733333)	2.87 (5.73÷2=2.865)
30	20		20−9＝13 cm	6800 (10240−3440=6800)	600	11.3 (6800÷600=11.3333)	**5.70** (11.3÷2=5.65)

上記実験結果の表より、水深 20cm の時、膝の正面からかかる水圧は、159 ㎠×5.70g ＝ 906.3g である。資料による数値より、動水圧は通常の波の９倍として考えるので、8156.7g となる。
つまり、津波によりひざ下 20 cmの側面にかかる水圧をキットにすると、約８kg の衝撃だと言える。

４　10cm～40cm の津波が足を押す力

ふくらはぎ～足くびの平均値に近い角柱を模型として足に見立て、水圧計算を行った。
足のサイズが人それぞれ違うので、足の表面積によって津波の威力・受ける力も変わってしまう。また、足は形が複雑で水圧計算が大変なので、ひざ下の足の太さの平均くらいの角柱を足に見立て、水深 10cm～40cm の水槽に入れたときの面積、水の重さ等を測定し、表にまとめた。
ひざ下 40cm にかかる水圧までを、右の写真の模型で考える。

水槽たて [cm]	水槽横 [cm]	水槽深さ [cm]	水の体積 [㎤] 水槽縦×横×深さ	水の重さ [g]	水槽の底面積 [㎠] 水槽縦×横	1㎠あたりの水槽の底面にかかる重さ [g] 水の重さ÷水槽の底面積	1㎠あたりの水槽の側面にかかる重さ [g]	角柱の面積 水槽の深さ×9 cm (角柱の横幅)	側圧 **角柱の面積×1㎠あたりの水槽にかかる重さ**[g]	津波の威力 静水圧を 9倍にする 側圧×9[g]
30	20	10	6000	6000	600	10	5g(10÷2＝5)	90 ㎠ (9×10)	450g (90×5＝450)	4050

30	20	**20**	12000	12000	600	20	10g	180 ㎠（9×20）	1800g（180×10＝1800）	**16200**
30	20	**30**	18000	18000	600	30	15g	270 ㎠（9×30）	4050g（270×15＝4050）	**36450**
30	20	**40**	24000	24000	600	40	20g	360 ㎠（9×40）	7200g（360×20 ＝ 7200）	**64800**
100	100	10	100000	100000	10000	10	5g	90 ㎠	450g（90×5＝450）	4050
100	100	20	200000	200000	10000	20	10g	180 ㎠	1800g（180×10＝1800）	16200
100	100	30	300000	300000	10000	30	15g	270 ㎠	4050g（270×15＝4050）	36450
100	100	40	400000	400000	10000	40	20g	360 ㎠	7200g（360×20 ＝ 7200）	64800

表：水深 10㎝～40㎝ の津波が足を押す力

甲から下も入れて計算すると、表のように津波 20 ㎝では片足 16.2kg、津波 30㎝ では片足 36.45kg、
津波 40㎝ では片足 64.8kg になる。津波の力は、わずか 20㎝ であっても強力であると言える。
条件として、ばねは 60 ㎝まで伸ばすと４kg の張力になる物を使用。
ばね測りで計測すると 3.75kg 出すのに 56㎝ の伸びが必要だと分かったので、
深さ 20㎝ の津波の力 16kg＝重り１kg＋ばね 15kg（3.75kg×４本）で再現する。

写真左：
56㎝ のばねの伸び１本で
3.75kg の張力が出る。

写真右：
深さ 20㎝ の津波の力
でも、人がカーペット
ごと引かれていく。

５　用水路の水流の強さ

私の通学路に小学生がよく遊ぶ用水路がある。普段の水の流れは弱いが、大雨の後は水の流れが強くなる。子供が用水路で流される事故が毎年各地で発生するが、用水路の水の威力はどれほどなのか調査した。

左は普段の用水路の写真である。水はほとんどなく（水深１㎝程度）、流速も遅い。

右は西日本豪雨翌日（H30.7.8）の用水路の写真である。発泡スチロールの欠片を流して流速を測定した結果、0.94m/s だった。この速さは一般的な流れるプール(0.3m/s)の約３倍の速さである。

右の用水路は水深６㎝、横幅 82cm であるから、水の流速 0.94m/s より、１秒間に流れる水の体積は、

縦 82cm×横 94cm×深さ cm＝46248 ㎤＝46.2ℓ＝46.2kg の直方体と考える。

つまり、１秒あたり 46.2kg の物体が、連続して足にぶつかり続けると考えられる。

今回調べた用水路は水深が６㎝ と浅いので特に事故はなさそうだが、深くなると用水路くらいの水の流れる速さ（普通の流れるプールの２～３倍速い）で、十分に人が流れてしまうだろう。特に身長が低く体重の軽い子供や女性は危険だと感じた。また、浅い水深でも子供の靴は流されたりするので、それをきっかけとした事故が起こっているのではないかと考えた。

６　本研究のまとめ

津波 20cm では片足 16.2kg　→　中学生がカーペット上で引きずられる。

津波 30cm では片足 36.45kg　→　成人女性が流される。

津波 40cm では片足 64.8kg　→　成人男性でも立てない。

津波の力は、わずか 20cm でも強力である。実際の津波避難では荷物を持ち、足場の悪い中をパニック状態で逃げなければならない。特に夜間で停電していると避難は困難を究めるだろう。

大雨の後の用水路は、ライフジャケットを着て遊ぶ日本最速アトラクションと同じくらい流速が速い（通常の流水プールの２～３倍、0.94m/s)。ふざけて足を入れるのは本当に危険である。

７　研究後の感想と今後の課題

小さな子供にとって増水した用水路は、怖いというより「遊んでみたい・足を入れてみたい」という好奇心をそそるものである。プールで泳げるようになっても、津波・河川の水・用水路といった動水に現代人は慣れていないため、私も含めて動水に対する危険認識が甘いことも、事故の一因と言えるのではないだろうか。

この事実を多くの人に知ってもらいたいと考え、「流れるプールの３倍の速さだ」と伝えると、小さな子供でも流れの強さがイメージしやすかった。今後は WEB 公開やアプリ化するなど、動水に多くの人が興味を持ってもらえる方法を考えて、水の事故が少しでも減るように研究を続けていこうと思う。