

33. 研究展望・温暖化時代の災害科学

Review on The Disaster Caused by Grobal Warming
—between Environmental Issues and Prevention Disaster—

木村 智博⁺
Tomohiro KIMURA

A B S T R A C T ; Post COP3, scientists and policy-makers are still more focused to omit greenhouse gases (GHGs), to enlight how to life style on saving earth. While, quite a few of researchers warn "The Disaster Caused by Grobal Warming", but most of environmental and disaseter scientists neglect such things. Sea level rise occured by El Nino, increasing typhoon by SST, thunderstorm by heat island phenomena, etc. According to these items, we must sense of double viewpoint, and this report is interaction mitigation which relate prevention disaster from meteorology, climatology, wind engineering and waste management. Many referees assume waste management is no relation on this paper, but waste experts who publish documents are prone to have lack of GHGs via garbage, and such people have big name on society. And then, this manuscript is to introduce cross analysis GHGs, global warming and prevention disaster. Cross analysis is used widely hazard analysis, especially earthquake engineering, hence, I affirm this method is essential environmental issues.

KEY WORDS, environmental and disaster science, meteorology, wind engineering
waste management

1. 糸者言—環境と災害の眼差し—

エル・ニーニョ等の異常気象因子が懸念される中、気象・気候学者だけで問題解決が困難となってきた。1998年早々にはフランス西部、イギリス全土が暴雨風に見舞われ、河川の氾濫、鉄塔構造物の破壊等で死者を出す惨事となった。そこで異分野との交流が求められるが、情報が広く流通されておらず、自分の領域から離れると情報が得難く、益々異分野交流が疎遠になる悪循環の構図が見られる。

近年の異常気象を眺めた場合、温暖化と災害の連関性を見極める必要があり、特に都市化に伴う洪水や、中小河川の氾濫等を考慮しなくてはならない。温暖化と災害の関係では海面上昇の研究事例はあるものの、広く環境科学と災害科学の視点を有した論考は少ない。そこで本論は1989年6月に発行の土木学会誌別冊『新しい時代の防災』の巻頭を飾った温暖化時代の防災の在り方¹⁾を発展させて、環境科学者と災害科学者の橋渡し役を演じることを目的に展開する。

先ず、『新しい時代の防災』の概要を述べる。会員であれば手元にあるとは思われるが、新しく会員となられた方は所有していないことが考えられ、また、この別冊は学会事務局に残部があるという理由で取り上げる。これを発展させるべく温室効果ガス、筆者の専門とする気象学をメインに、強風が頻発することから風工学分野等を紹介する。さらに数値流体力学 (CFD, Computational Fluid Dynamics) で頻繁に使われる温位の概念を詳述する。これは大気の熱的膨張に伴い、雷雨、突風等の災害に直結することが多く、特に屋外作業が多い建設関係者には労働安全の意味でも知っておく必要がある。温室効果ガスの齎す弊害は甚大であるが、その発生源とされる廃棄物問題や畜産関連にも多少言及する。

災害科学者、環境科学者双方の視点が含まれた有益な資料が皆無に等しい状況から、相互交流が少な

⁺新潟大学積雪地域災害研究センター

The Research Institute for Hazards in Snowy Areas, Nigata Univ.

いものと思われる。社会の高度化、複雑化、国際化している趨勢で専門領域の殻に閉じこもることは許されず、閉塞状況の改善を睨み、問題提起する。なお、本論は筆者が新聞社在籍時に取材した事項を整理したもので、各人の研究の糸口を探り、異分野交流のきっかけとなることを目的にしている。

2. 温暖化と災害の因果関係

温暖化で頻繁に取り上げられる事項には、海面の上昇が挙げられる。これを歴史的に繙くと約6000年前の縄文時代は暑熱期で、 ^{18}O や各種の年代測定を駆使した気候復元から明白である。また海面上昇の痕跡には、内陸部で発見される貝塚が物語ると言える。つまり、近年の温暖化の趨勢が持続すると海岸侵食が著しくなり、バングラディッシュ等が甚大な被害を受けると見られている。こうした点から海面上昇、さらには高緯度地域程、気温上昇が顕著で、南極域の氷床が薄くなっている事実を鑑みれば、その危険性は一層、高まっていると言える。潜熱、顕熱の視点からも水圏を考慮に入れる必要がある。

図-1. 温暖化と気象災害の様相

- | | |
|-------------------|---|
| 防災の観点から台風の詳細を知る努力 | ・海水温 28°C 以上で発達傾向
・900hPa以下は北緯 $15\sim 20^{\circ}$ で発生
・日本海に抜けても再上陸の可能性
・温暖前線に伴う集中豪雨 |
| 冬季の激しい気象減少を捉える努力 | ・温暖化で大気の状態が不安定化し、突風、雷の懸念が
・フェーン現象等も心配され、雪崩の危険性が増大
・暖冬では南岸低気圧が頻発、太平洋側の大雪の多発
・雪が湿り、着雪被害の広がりが深刻化 |
| 日頃からの知識欲が必要になる | ・『新編気象ハンドブック』（朝倉書店、1995年発行）
・『気象の事典』（東京堂出版、1994年発行）
・『雪氷辞典』（古今書院、1990年発行）
・『雷放電現象』（名古屋大学出版会、1987年発行）
・『自然災害科学事典』（築地書館、1988年発行）
・『災害の事典』『地震の事典』（朝倉書店、1992年発行） |

温暖化⇒海面上昇⇒高潮・津波の危険性増加⇒洪水の頻発に



IAMs(Integrated Assessment Models)の考察にも⇒LCAの思想(安全なインフラ)
AIM(Asian-Pacific Integrated Model)⇒温暖化、インフラ、防災意識



海水温(SST)上昇、大気の熱的膨張⇒地衡風、台風の増加⇒被害甚大に
暖冬⇒シベリアからの寒気団と太平洋高気圧の温度差が大きい⇒冬季の雷(日本海側)
猛暑の頻発、長期化⇒翌年のスギ花粉の飛来、飛散が顕著に
山間部での雪崩頻発(激しい気象傾向になり易く、暴風雪、フェーン現象の多発)

ここに示した問題意識は既に土木学会誌別冊『新しい時代の防災』（1989年6月発行）で記されている。別冊では地震、地すべり、火山は勿論、気象、海象災害も触れている。ここで一覧を示すと、

- ◆気象災害(豪雨の短期予測、強風災害、豪雪災害)
- ◆河川災害(豪雪出水の予測と制御システム、洪水氾濫災害の防止、都市河川災害の防止)
- ◆海象災害(沿岸災害 予測手法の進展、海岸災害対策の進展、ウォーターフロント開発における海岸災害対策)

である。ここで本書の冒頭を紹介する前段として気象注意報、気象警報をチャートにする。

図－2．気象警報の流れ

◆気象業務法では気象庁の職員以外警報を出すことの禁止。迅速な情報伝達と情報の混乱防止策。また情報伝達は報道機関、市町村に限らず、各企業でも危機管理の視点で取り組みが必要となる

◆最近の水害の特徴

アスファルトに覆われて洪水が生じやすい。都市型水害
温暖化傾向を受けて降水の増加も考慮。潜熱、顕熱の概念

◇防災の観点から水防警報（建設大臣と共同発表）

中小河川の氾濫も視野に。ダムの整備に伴う干ばつ防止効果も期待出来る

◆台風、塩風害も甚大な被害を齎すので予報には細心の注意を。最近の数値情報の精度が向上しており、台風の動きを把握しやすい。（1997年夏より、台風の進路予報は従来の48時間先から72時間先まで予報することになった）

◆気象業務法の改正で天気予報の自由化が1995年5月18日から施行

防災の観点からの雪崩や豪雨に関心を。天気図の基礎的な見方を身に付ける

◆警報発令に備える

防雹、防風林等の点検。東南アジアで頻発するサイクロンに伴う洪水

◆情報の迅速な伝達体系を

警報は混乱防止の意味で気象庁発表で統一

図－3．気象注意報の流れ

◆気象警報に準じる

気象予報士であれば発令可能。試験内容は細かい知識を問う

- → → 台風の知識；水温26℃で発生要因，28℃以上で発達傾向に
- → → 雹の知識；エマグラム，SSI，-2℃，渦度（700hPa）
- → → 地形性降雨，ビル風，排気等による異常低温
- → → 雪の知識；雪崩と融雪の相違点を明確に
- → → 霜の知識；遅霜と自由学園での霜柱生成実験（雪氷学）

◆短時間降水予報→→→記録的大雨注意報に

メソ降水システム→集中豪雨（マルチセル）→洪水の危険性増大

◆低温から冷害に→→→土木分野では夏期の超過労働の恒常化の懸念

気温の予測は前線，風向，風速，渦度等の要素から判断
長期予報で用いるチベット気流の動きを考慮に気温の傾向を眺める

◆干ばつ対策を→→→渇水時に備える

太平洋高気圧の動向，春季の南岸低気圧の把握も必要事項となる
冬季の積雪量，積雪場所→今夏の水需給計画，水収支予測を

◆暖冬も見落とさない

少雪傾向から冬期の山岳部での建設工事の恒常化→→雪泥流の危険性
温度差が不安定になる傾向から雪崩の頻発が懸念される

◆気象情報に興味を持つ

観天望気，気象現象を扱った写真集から気候，気象現象に興味を
経営層の安全意識。特に屋外で作業を行う事業体は従業員に気象予報士資格の推奨を

ここに示したチャートは先人の既述をまとめたものに過ぎないが、別冊の冒頭「地球の温暖化と災害」(執筆者：柴田徹，当時京大防災研所長)は地球の温暖化，海水面の上昇，気候システムの研究の3つの論点で展開している。温暖化と災害は別個に論じられていただけに貴重であるが，IPCC，IGBP等，国際的に温暖化の影響が論じられているが，概して災害の多発に言及していない。そこで風工学を紹介する。宣伝と受け取られる危険性はあるが，双方の視点を有することの必要性を訴えることを目的にしている。気象災害，風工学，数値流体力学は他で紹介している²⁻⁴⁾ので，ここでは概要のみを取り上げる。

3. 風工学会の取り組み—CFDとの連携を探って—

温暖化の影響でガストフロント，突風等が懸案となり，(社)日本気象学会，日本農業気象学会，(社)日本雪氷学会等の学術大会の風に関する研究発表では，大半が気象力学のモデルである。一方，工学系の災害制御の取り組みには落石の崩落に多用される「アコースティック・エミッション」⁵⁾，地震計を駆使した雪崩の前兆のキャッチ⁶⁾等，強風とは無縁ではない。この方向性を持ち合わせた学会を紹介する。

風工学会は会員が約500人で気象学を始め，土木，建築，電気，機械，流体力学等，学際性に富む。強風による電線の弛み，ビルの振動等も懸念される。会長は村上周三 東京大学生産技術研究所教授で，室内空調，ビル風をフィールドとする。建物の高層化に伴い，ビル風に代表される風系の乱れから，構造物の耐風設計も議論的になる。これに焦点を絞ったテキスト⁷⁾も発行されている。

また2年に一度，『風工学シンポジウム』が開催され，風工学の展望を知るうえで各論文が比較的まとまった形で編纂されている。なお，1998年12月に日本学術会議講堂で第15回シンポが開催される。風工学は設計に応用させる点で，必然的に数値解析に力を入れる。そこで，『乱流シンポ』(毎年7月に開催)，『数値流体力学シンポ』(毎年12月に開催)での発表も活発に行っている。風工学の基礎的概念に温位がある。温暖化の分析に加え，火災旋風の流体解析，シミュレーションにも多用されている。

$$\theta = T(1000/P)^{R/C_p}$$

なお， θ ：温位， T ：温度， P ：圧力， C_p ：定圧比熱， R ：気体定数。またコンクリート構造物の林立で潜熱，顕熱で一層，風系が乱れる。この問題意識で風工学会では上空風観測の組織化に着手した。

表-1. 風工学会 上空風観測研究会メンバー表

神田 順	東京大学	工学部建築学科
内藤 玄一	防衛大	地球科学科
伊藤 雅保	大林組	技術研
伊藤 芳樹	カイジョー	研究開発本部
岡田 恒	建設省	建築研究所
大熊 武司	神奈川大	工学部建築学科
加藤 真規子	気象研	物理気象研究部
小林 文明	防衛大	地球科学科
小林 康之	西松建設	技術研
後藤 暁	大林組	技術研
佐々木 淳	西松建設	技術研
佐藤 純次	気象研究所	
須田 健一	佐藤工業	中央研究所
高倉 秀一	間組	技術研
田村 幸雄	東京工芸大	工学部建築学科
鄭 永培	東京大学	大学院
花房 龍男	気象研	物理気象研究部
林田 英俊	竹中工務店	技術研
日比 一喜	清水建設	技術研
藤井 邦雄	風工学研究所	

上空風観測は都内4ヶ所（東大地震研，東大工学部，大林組本社，清水建設技術研の各屋上）で定点観測を行う。測定高度は30, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500mの16段階である。メンバーの多くが建築，土木技術者で気象学の習得に熱心な姿に打たれる。観測データの蓄積から風系の諸相を，特にドップラーソーダを駆使して解析を行っており，1998年12月の『第15回風工学シンポジウム』での発表が期待されている。

上空風観測会メンバーの神田順 東京大学教授は建築学をベースに信頼性工学，地震工学を専門としているが，温暖化による強風災害にも目を向ける等，双方の視点を持つことの重要性を認識し，各種会議で語っている。さらに構造工学のLCA（Life Cycle Assessment）における貢献策も見い出そうとしており，環境，災害，インフラという具合に複眼的視点を有することが求められている⁸⁾。

4. 糸吉吾一安全工学，災害科学，環境科学の融合ー

日本学術会議安全工学研連主催の『安全工学シンポジウム』は化学領域の発表を筆頭に，地震，労災，ヒューマン・エラー等も取り上げられる。筆者は気象災害の解説⁹⁾を試みたが，関心を示したのは土木系だけだった。安全問題を総論的に捉え，ソフト面での対策の講じ方が論じられる。なお，『安全工学シンポジウム』については拙稿¹⁰⁾に詳しい。『安全工学シンポジウム』の運営には長尚 信州大学工学部社会開発工学科教授が関与している。これに関連し，1997年3月17日に土木学会安全問題研究委員会（委員長：松本嘉司 東京理科大学教授）主催の『安全問題討論会』が開催された。環境科学，災害科学からの発表は少なかったが，今後のライフスタイルの在り方が論じられ，保険業界の人も傍聴し，日常的に潜む危険因子が環境問題の絡みで議論された。海岸工学から河田恵昭，花安繁郎の各氏から話題提供が行われ，温暖化に伴う災害の様相が報告された。

この環境科学と災害科学の融合を目指した会議が1998年3月24日に気象庁で開催された。参加者は数十名であったが，示唆に富む。『第28回気候影響・利用研究会／第7回日本農業気象学会気候変化影響研究部会共催講演会ーエルニーニョ，そのメカニズムと諸影響ー』では15件の発表が行われた。

- 環境科学と災害科学の相互連関性ー特に土木分野の活動からー
- 地球温暖化をめぐる統計的諸問題
- 地球温暖化の昆虫群への影響

【エルニーニョーそのメカニズムと諸影響ー】

- 1997/98エルニーニョ現象
- 1997/98世界の天候ーエルニーニョ現象の影響を中心にー
- エルニーニョ年における世界の高低気圧・前線活動
- 漁獲高に及ぼすエルニーニョの影響
- ペルー・アンチョビーはエルニーニョによって影響されるか？
- エルニーニョとロマス植生
- ENSOと関東地方の生物季節
- エルニーニョと東アジアの植物季節
- 穀物生産に対するエルニーニョの影響
- インドネシア・カリマンタン島の湿潤泥炭熱帯林内の地下水位変化からみられた1997年エルニーニョの影響
- 伝染病・健康に及ぼすエルニーニョの影響
- エルニーニョなのか

紙幅の関係で詳細は省くが、エルニーニョが原因とされる異常気象、災害の解説を踏まえ、生態系、社会的諸影響が論じられた。発表者は筆者を除くと気象学者で占められたため、発災後の対策、制御技術までは論じられなかったが、エルニーニョ全般を扱った会議がないだけに貴重な取り組みである。

環境科学と災害科学の融合を謳った取り組みは、徐々に広がりを見せている。1998年1月27-29日に日本学術会議講堂で『第47回応用力学連合講演会』が開催された。通常では構造力学、設計工学のみが論じられるが、今回は「雪と氷の力学」セッションが設けられた。題目は省略するが、11件の発表があり、温暖化を初めとする環境要素が雪氷に与える影響が議論されたことは画期的である。雪崩の誘発や氷河の融解による洪水を考慮すれば、安全、環境、災害はキーワードになる。

温暖化をキーワードにした論考もCOP3を受けて、各層で議論されている。例えば廃棄物学会(03-3769-5099)では隔月で『廃棄物学会誌』を発行し、1997年9月発行のvol.8 No.6では「温暖化問題と廃棄物」が特集として組まれた。通常では産廃、医療廃棄物、PCB、ダイオキシン等が特集されるが、グローバルに捉えようとする試みは初めてである。災害とも関連するので題目を掲げる。

【廃棄物学会誌vol.8 No.6】の特集記事一覧

- | | |
|--|--------------------|
| ●地球温暖化防止京都会議(COP3)に向けた国内外の動向 | 石飛博之(環境庁) |
| ●地球規模での廃棄物処理-温暖化防止にむけた研究- | 西岡秀三(国立環境研究所) |
| ●廃棄物の焼却にともなう温室効果ガスの排出状況 | 安田憲二(神奈川県環境科学センター) |
| ●埋立構造の違いによる温室効果ガスの発生と制御 | 松藤康二, 立藤綾子(福岡大学) |
| ●電力会社における地球環境問題への取り組み-関西電力(株)での取り組み- | 北村耕一(関西電力) |
| ●地球温暖化とごみ減量-グリーンコンシューマー運動を中心にNGOの立場から- | 松本育生(気候フォーラム) |

しかしながら温暖化寄与率で捉えた場合、 CO_2 を1とすると N_2O は約300倍、 CH_4 は1000倍であることから、他の温暖化ガスの挙動を探る研究が望まれる。さらに、焼却に伴う各種浮遊物質がオゾン層に及ぼす影響を精査し、オゾン層保護が緊急の課題となる。また、各種ガスの生物濃縮機構の解明も待たれる。

以上、本報告では環境、災害、安全の連関性を考察した問題提起であり、異分野との連携の必要性を訴える点に主眼を置いた。故に研究論文とは異なるが、今後の環境問題を考察するうえで、幅広い視点と他領域との交流の必要性を再度、強調して跋文の締めくくりとしたい。

参 考 文 献

- 1) 柴田徹: 地球の温暖化と災害, 土木学会誌別冊「新しい時代の防災」, pp. 1-3. 1989.
- 2) 拙稿: 第9回数値流体力学シンポジウムに参加して, 天気43, pp. 559-561. 1996.
- 3) 拙稿: 気象と工学の新たな関係-最近の風工学の進展-, 天気44, pp. 591-593. 1997.
- 4) 拙稿: 環境科学と災害科学の相互連関性-特に土木分野の活動から-, 第28回気候影響・利用研究会/第7回日本農業気象学会気候変化影響研究部会共催講演会論文集, pp. 2-3. 1998.
- 5) 佐々木寿朗: 土砂災害の予知技術について, 応用力学フォーラム資料, 土木学会, pp. 3. 1997.
- 6) 村松郁栄 et al: 地震計を使用した雪崩観測, ゆきNo. 26, (社)雪センター, pp. 39-43. 1997.
- 7) 土木学会編: 構造工学シリーズ5「風工学における流れの数値シミュレーション法入門」, 1992.
- 8) 神田順: 環境工学としての構造工学, 日本建築学会大会研究協議会資料, pp. 19-20. 1997.
- 9) 拙稿: 工学系学協会に求められる安全意識の涵養について-特に自然災害分野からの報告・提言-, 第27回安全工学シンポジウム講演予稿集, 日本学術会議, pp. 267-270. 1997.
- 10) 拙稿: 求められる雪氷関係者の社会的発言, 第13回寒地技術シンポジウム論文・報告集, pp. 752-759. 1997.