

博士論文

江戸時代銀貨の表面層の解析と  
色揚げ処理技法の復元

東京芸術大学大学院美術研究科 文化財保存学専攻  
保存科学領域（美術工芸材料学）

1311937

田口 智子

## 博士論文目次

第1章 序論	…1
1.1 緒言	
1.2 江戸時代銀貨に関するこれまでの研究	
1.3 本研究の目的	
1.4 本論文の構成	
第2章 江戸時代銀貨『豆板銀』及び『丁銀』の表面層の構造	…6
2.1 緒言	
2.2 試料と実験方法	
2.2.1 試料	
2.2.2 試料の評価	
2.3 結果と考察	
2.3.1 試料の表面構造観察	
2.3.2 表面層の微細構造	
2.4 結言	
3. 光学的手法を用いた江戸時代銀貨の表面層の色彩の解析	…26
3.1 緒言	
3.2 試料と実験方法	
3.2.1 試料	
3.2.2 試料の評価	
3.3 結果と考察	
3.3.1 分光反射率測定	
3.3.2 変角分光イメージング装置を用いた色彩の解析	
3.3.3 丁銀の残留応力測定	
3.3.4 丁銀試料の鑄造	
3.4 結言	
第4章 形状の異なる江戸時代銀貨の色彩、金属組織及び腐食生成物の比較	…47
4.1 緒言	
4.2 試料と実験方法	

4.2.1	試料	
4.2.2	試料の評価	
4.3	結果と考察	
4.3.1	形状の異なる江戸時代銀貨の金属組織の比較	
4.3.2	形状の異なる江戸時代銀貨の色彩の比較	
4.3.3	形状の異なる江戸時代銀貨の腐食生成物の比較	
4.3	結言	
第5章	江戸時代貨幣『豆板銀』に用いられた色揚げ処理技法の復元的研究	…52
5.1	緒言	
5.2	試料と実験方法	
5.2.1	Ag-Cu 合金試料の作製	
5.2.2	色揚げ試料の作製と評価	
5.3	結果と考察	
5.3.1	文献に基づく色揚げ処理の復元	
5.3.2	処理時間が色揚げ処理に及ぼす影響	
5.3.3	処理回数が色揚げ処理に及ぼす影響	
5.3.4	処理温度が色揚げ処理に及ぼす影響	
5.3.5	処理液中の梅酢の濃度が色揚げ処理に及ぼす影響	
5.3.6	試薬を用いた色揚げ処理	
5.4	結言	
第6章	色揚げ処理によって形成された層の腐食挙動及び耐食効果	…73
6.1	緒言	
6.2	試料と実験方法	
6.2.1	試料の作製	
6.2.2	試料の評価	
6.3	結果と考察	
6.3.1	温度 80℃での腐食試験	
6.3.2	温度 80℃、湿度 90%RH での腐食試験	
6.4	結言	
第7章	総括	…94

7.1 本研究の目的

7.2 本研究の結果

7.2.1 江戸時代銀貨『豆板銀』及び『丁銀』の表面層の構造

7.2.2 江戸時代銀貨『豆板銀』及び『丁銀』の色彩

7.2.3 形状の異なる江戸時代銀貨の色彩、金属組織及び腐食生成物の比較

7.2.4 江戸時代貨幣『豆板銀』に用いられた色揚げ処理技法の復元的研究

7.2.5 色揚げ処理層の化学的安定性

7.3 本研究の保存科学的意義

謝辞 ……98

研究業績 ……99

## 第1章 序論

### 1.1 緒言

わが国の金属工芸は、中国や朝鮮といった大陸からの材料、工芸品、加工技術等の流入の影響を受けながら、独自の発展を遂げてきた。日本において金属工芸品の制作に使用される美術工芸材料としては、金、銀、銅等がその中心として挙げられる。日本では、これらの金属が鉱山から豊富に産出されたことにより鉱山開発や製錬技術が大きく発達し、それに伴い彫金、鋳金、鍛金といった金属加工技術も独自に進歩してきた。そして、特に江戸時代にはその技術は成熟期を迎え、質の高い金属工芸品が多数制作された。金、銀、銅等の金属材料は、それぞれの金属がもつ固有の色彩の美しさに加え、異なる金属を溶かして合金を作製することで、新たな色彩をつくり出すことが可能であるため、美術工芸の分野において広く用いられている。地金の作製に用いる金属の選択や、それぞれの金属の組成を変化させることにより、その色彩表現の幅はますます広がる。

金属工芸品における色彩表現の追求を通して、金属に化学処理を施すことによって、様々な色彩を表現する着色処理技法が発展した。その一例である「煮色」着色は、金属を煮色液に浸漬することで地金表面に固有の色彩とは異なる色彩の表面層を形成する技法である。地金には銅と金の合金である赤銅しゃくどうや、銀の合金である四分一合金しぶいちが用いられ、煮色着色後の色彩はそれぞれの金属の組成により異なる。また、Au-Ag 合金貨幣や、Ag-Cu 合金貨幣等では、処理液を塗布あるいは浸漬することで、表面色を変化させる「色揚げ」処理と呼ばれる表面処理技法が施されたといわれる<sup>1)</sup>。色揚げ処理を行うと、地金の色彩は Au-Ag 合金では黄金色、Ag-Cu 合金では銀白色に変化する。これらの着色処理は、伝統技法として現代にも伝わってきている。

色揚げ技法は、江戸時代の貨幣においても用いられている。色揚げ処理の施された貨幣は、通貨としての機能にとどまらず、貨幣そのものが一級の金属工芸品であったと考えられる。実際に、ある種の金・銀貨幣は恩賞用に用いられた<sup>2)</sup>。江戸時代の貨幣制度は、主に金貨・銀貨・銭貨（銅・鉄）の三種の金属貨幣、いわゆる三貨から成り立っていた<sup>3)</sup>。戦国時代、武田信玄は量目の均一な定位・計数貨幣として甲州金を導入し、徳川家康は、この甲州金の制度を模範として鋳貨制度を制定し、金座、銀座、大判座、銭座において、それぞれ貨幣を鋳造させた。金貨としては、大判、小判などの定位貨幣が発行された。大判、小判は Au-Ag 合金である。一方、江戸時代の銀貨は、重量を量って取引を行う秤量貨幣と、貨幣に一定の価値を持たせる金呼称定位貨幣が発行された。秤量貨幣には、Ag-Cu 合金貨幣である豆板銀及び丁銀がある。豆板銀は、高額の丁銀に対する補助的な少額貨幣として用いられていたため、江戸時代を通じて同じ発行年の

貨幣は、豆板銀、丁銀ともに同じ Ag 濃度であった。享保年間(1716-1735)に製造された貨幣を除き、含有 Ag 濃度は時代とともに低下している。これは、出目と呼ばれる改鑄差益を狙ったため<sup>3)</sup>、これによりたびたび経済の混乱を来していた。その結果、安政年間(1854-1859)に発行された安政丁銀及び豆板銀では、含有 Ag 濃度は 13%にまで低下した。このように Ag 濃度の非常に低い貨幣の表面色は、そのままでは赤味が強くなることから、これらの貨幣を銀貨として流通させるのは難しい。そのため、表面色を銀色に変化させて見かけの価値を高めるために、銀座において、色揚げ処理が行われたことが知られている<sup>1)</sup>。

## 1.2 江戸時代銀貨に関するこれまでの研究

Ag-Cu 合金系の貨幣に関する美術工芸材料学的な研究は、早川らによる報告<sup>4)</sup>がある。早川らは、丁銀 5 試料、豆板銀 10 試料について組成を求め、試料断面の元素濃度分布を測定することで最表面と内部の Ag 濃度が異なることを明らかにし、処理液を用いて Ag 富化層を形成する色揚げ処理を行った可能性が示唆されるとの結果を報告している。また、桐野らは明和五匁銀<sup>5)</sup>や文政一朱金<sup>6)</sup>の表面の微細構造の解析を行っている。表面の色彩の異なる経年劣化した 2 種の明和五匁銀の表面層の微細構造を解析し、鑄造時の表面に Ag 相が形成されると腐食が抑制され、Cu 相の形成では黒色化することを報告している。しかし、Ag-Cu 合金における Ag の含有率と経年劣化により生成する腐食生成物や色彩の変化との関係、表面層の関連についての研究は十分にはなされておらず、不明な点が多い。また、『貨幣の生ひ立ち』<sup>2)</sup>の記述や前述の早川らの研究により、豆板銀表面には「色揚げ処理」が施されていることが指摘されているが、その詳細は明らかではない。色揚げ技法については、上田<sup>7,8)</sup>らは江戸時代に製造された 10 種の Au-Ag 合金小判の表面に、金の濃化層を検出し、色揚げ処理の可能性を指摘している。また、斎藤ら<sup>9)</sup>が、金貨を鑄造し、その金貨について色揚げ処理を再現した例が報告されている。桐野ら<sup>10)</sup>もまた Au-Ag 合金の色揚げ処理を行い、作製された試料について表面分析を行った結果、色揚げ処理により Ag が塗膜中に優先的に吸い出されて、表面の Au 濃度が高くなるとの結果を報告している。しかし、Ag-Cu 合金の色揚げ処理についての美術工芸材料学的な研究はほとんど見られない。

## 1.3 本研究の目的

金属文化財の制作及び保存を考える上で、固有の色彩に影響を与える表面処理や、経年劣化による色彩変化は重要な課題である。そこで本研究では、江戸時代の慶長年間か

ら安政年間に製造された Ag-Cu 合金貨幣である豆板銀及び丁銀の表面層の解析を行うことで、Ag-Cu 合金上に伝統工芸技法である色揚げ処理や、経年によって生じる色彩の変化を調べる。ここで表面層とは、地金上に表面処理によって意図的に形成した層及び、経年によって生成された酸化物、硫化物あるいは塩化物等の腐食生成物を含む層の両層とする。また、劣化は腐食生成物の生成によって起こる、色揚げ処理後に生じた色彩変化と定義する。

さらに、豆板銀及び丁銀の解析結果を基に、色揚げ処理の再現を行い、処理の安定性や色揚げを行った試料の保存性を明らかにする。以上の結果から、金属文化財の制作・保存にとって必要な基礎データを収集することが、本研究の目的である。

#### 1.4 本論文の構成

本論文では、Ag-Cu 合金銀貨を例として取り上げ、着色処理及び経年による色彩の変化について調べることを目的とする。以下にその要点を明らかにする。

第一章では、江戸時代に製造された銀貨及び、金属工芸技法である色揚げ処理に関する従来の研究を示すとともに、本研究の位置づけ及び目的を明らかにした。

第二章では、江戸時代に製造された銀貨である豆板銀及び丁銀の表面構造の解析を行った結果について述べる。銀貨の組成、表面構造及び断面構造等を調べることによって、色揚げ処理が行われた可能性を検討した結果について述べる。

第三章では、豆板銀及び丁銀について、分光反射率測定を中心とした色彩の解析を行うことで、色揚げ処理や腐食によって生じた色彩の変化を調べる。これとともに、新たな色彩の評価方法を導入し、金属文化財の色彩評価の有用性を示す。

第四章では、第二章及び第三章の結果をもとに、形状及び重量の異なる丁銀と豆板銀について、金属組織と色彩との関係について検討を行う。

第 5 章では、色揚げ処理技法の機構を解明するため、文献『貨幣の生ひ立ち』<sup>5)</sup>における記述を参考に、実際に色揚げ処理の再現を行う。また、処理液の温度や処理時間等の処理条件を変化させて、Ag-Cu 合金について色揚げを行い、第 3 章で用いた色彩の評価法を適用して、色彩変化について検討する。この結果を第 3 章の測定結果と比較する。

第 6 章では、色揚げ処理の耐食性を明らかにするため、Ag-Cu 合金について色揚げ処理を行った復元試料を用いて、温度 80℃の高温環境及び温度 80℃、湿度 90%RH の高温高湿度環境で腐食試験を行う。比較のために、未処理の Ag-Cu 合金を試料についても腐食試験を行い、試験前後の色彩変化や生成物を解析する。この結果から、色揚げ

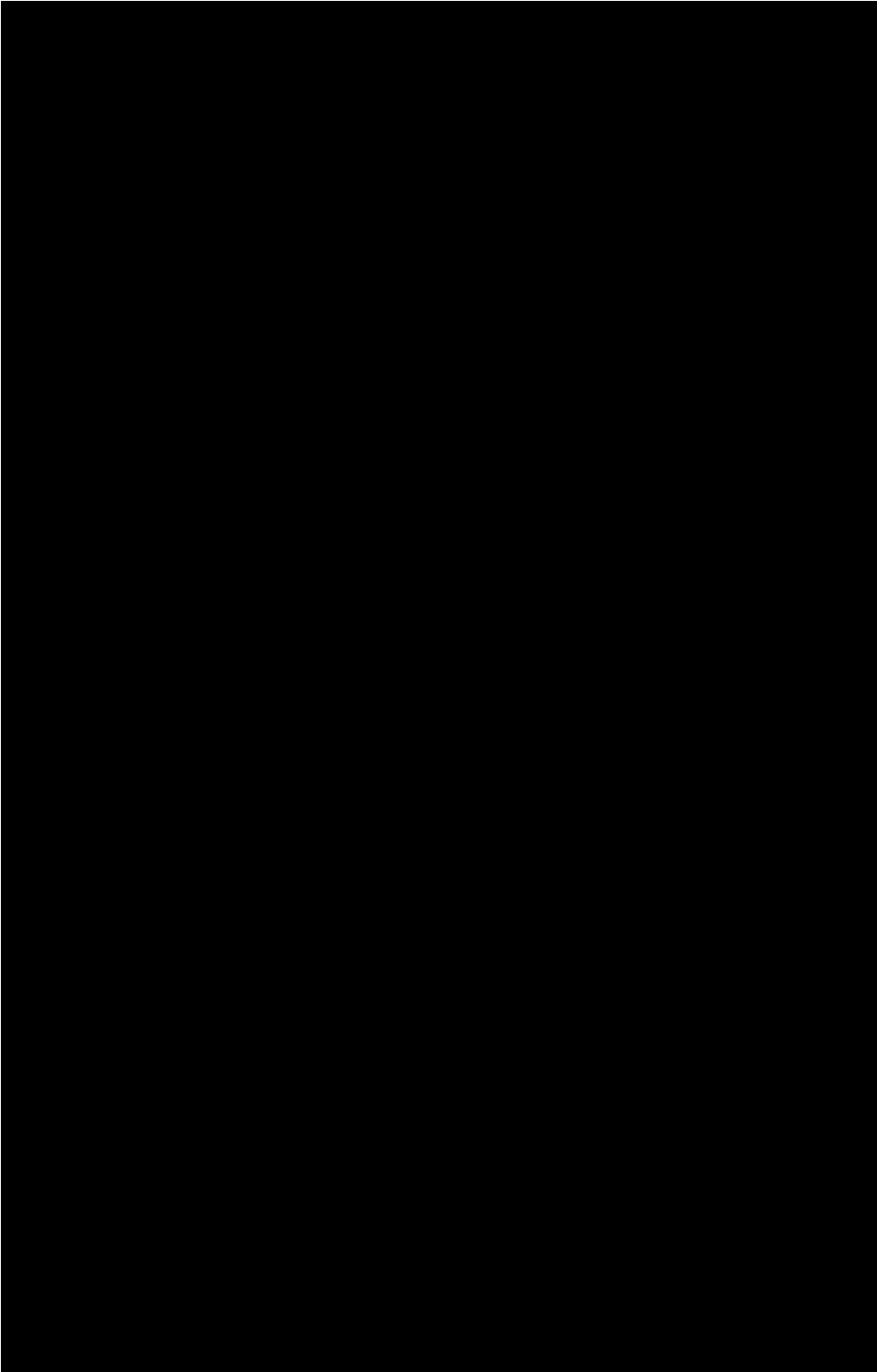
処理により形成された層が腐食に及ぼす影響を明らかにする。

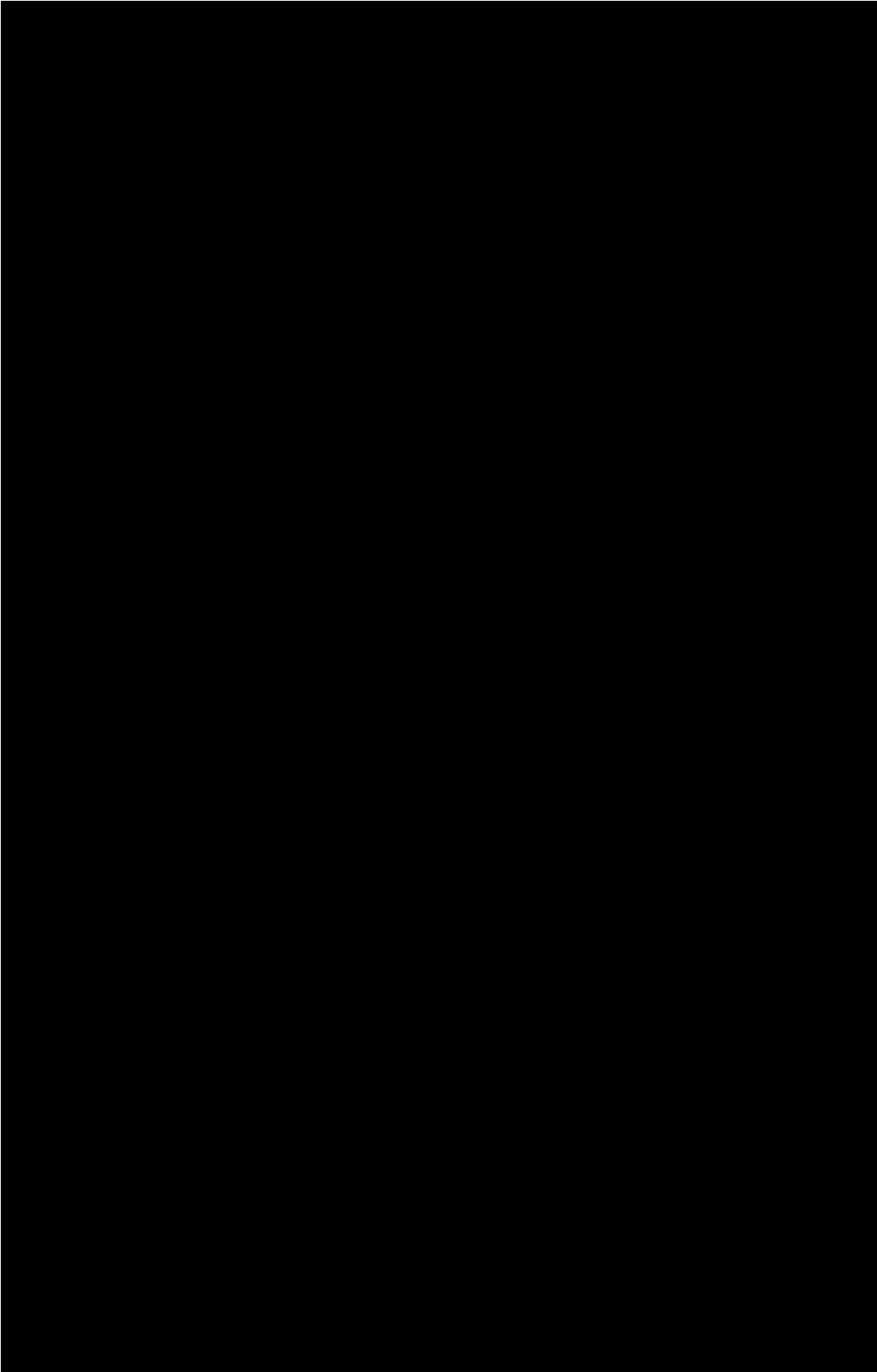
第 7 章では、本研究の成果を総括し、本研究の保存科学的意義について述べる。

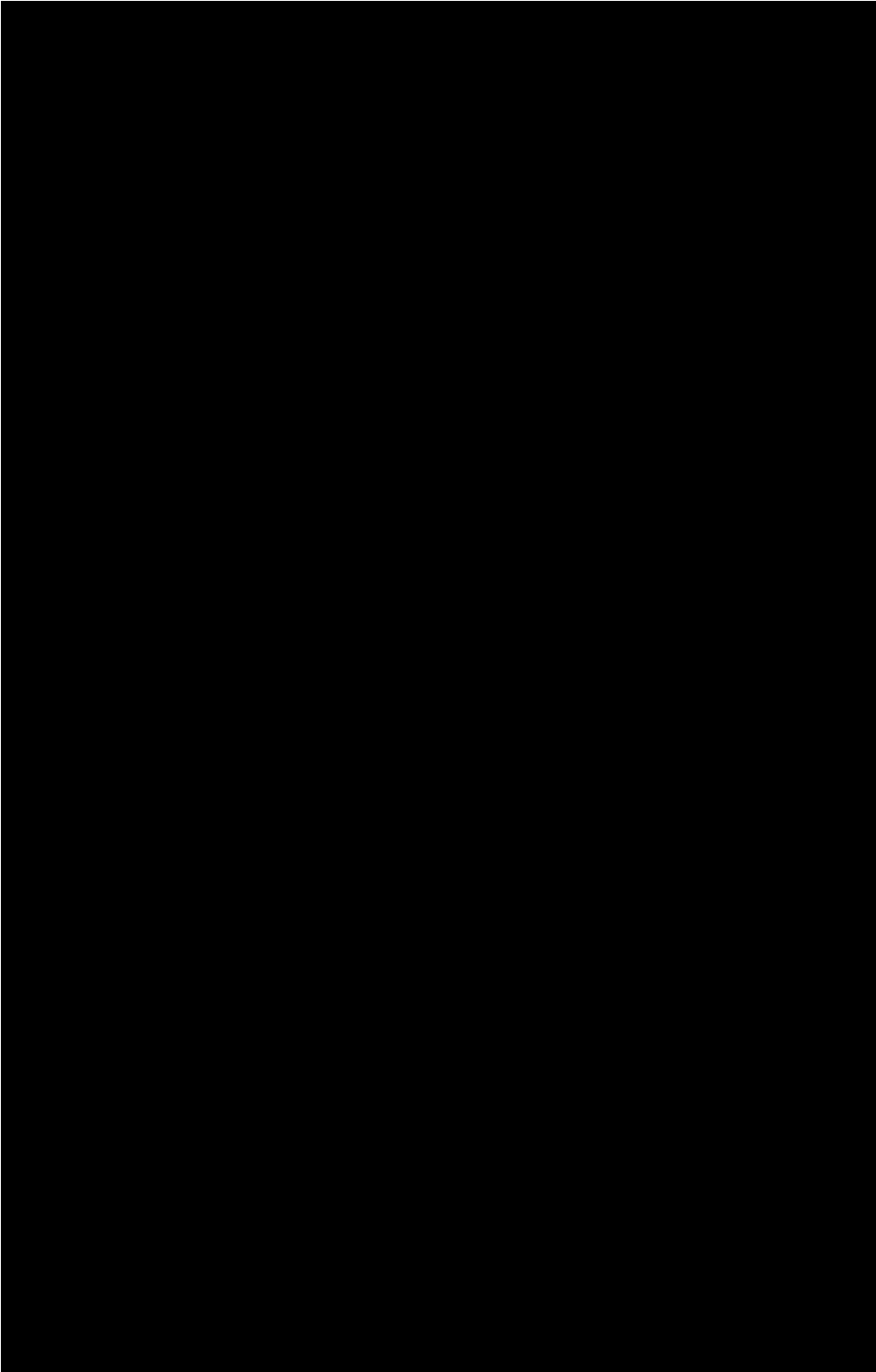


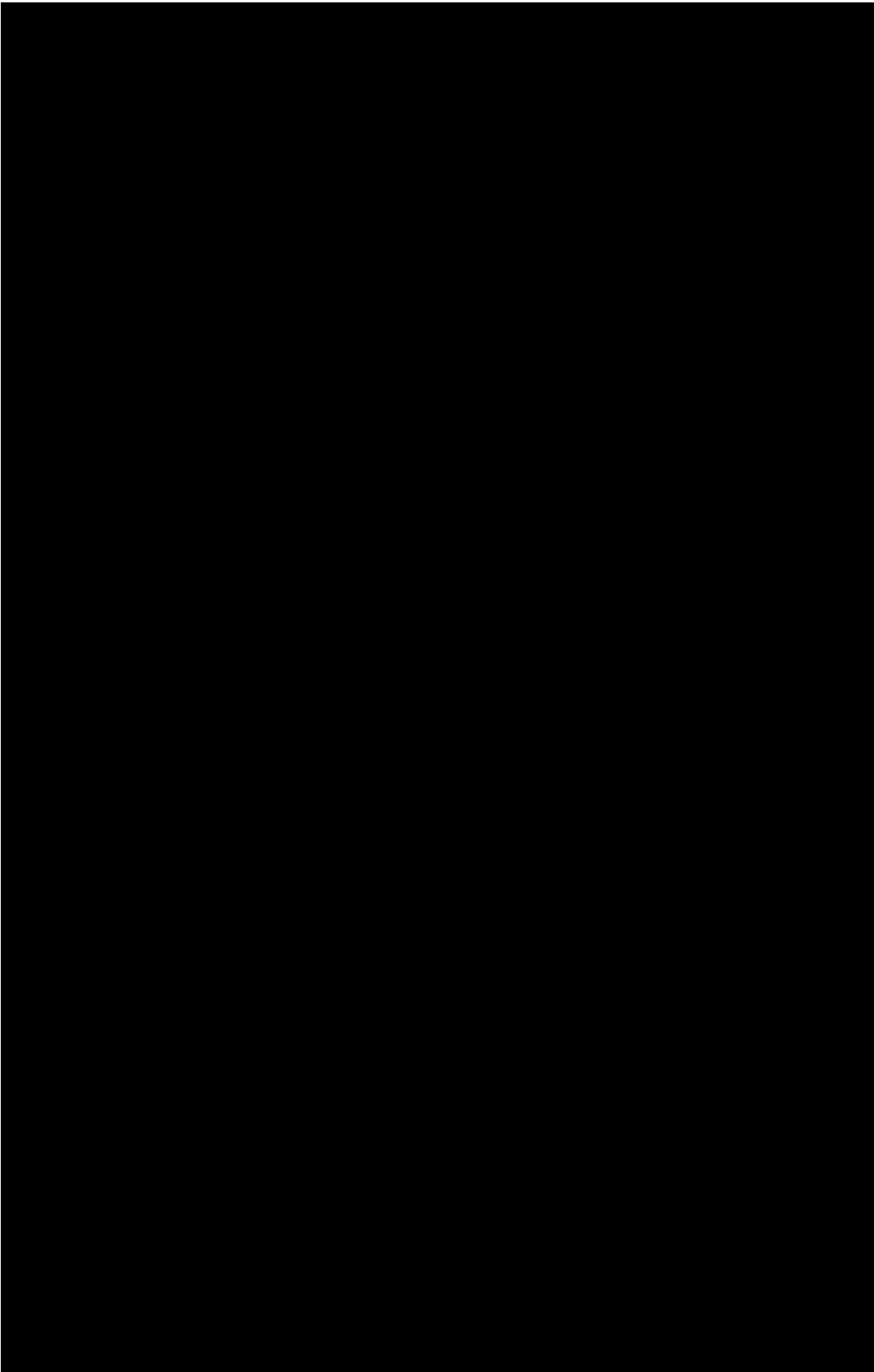
## 参考文献

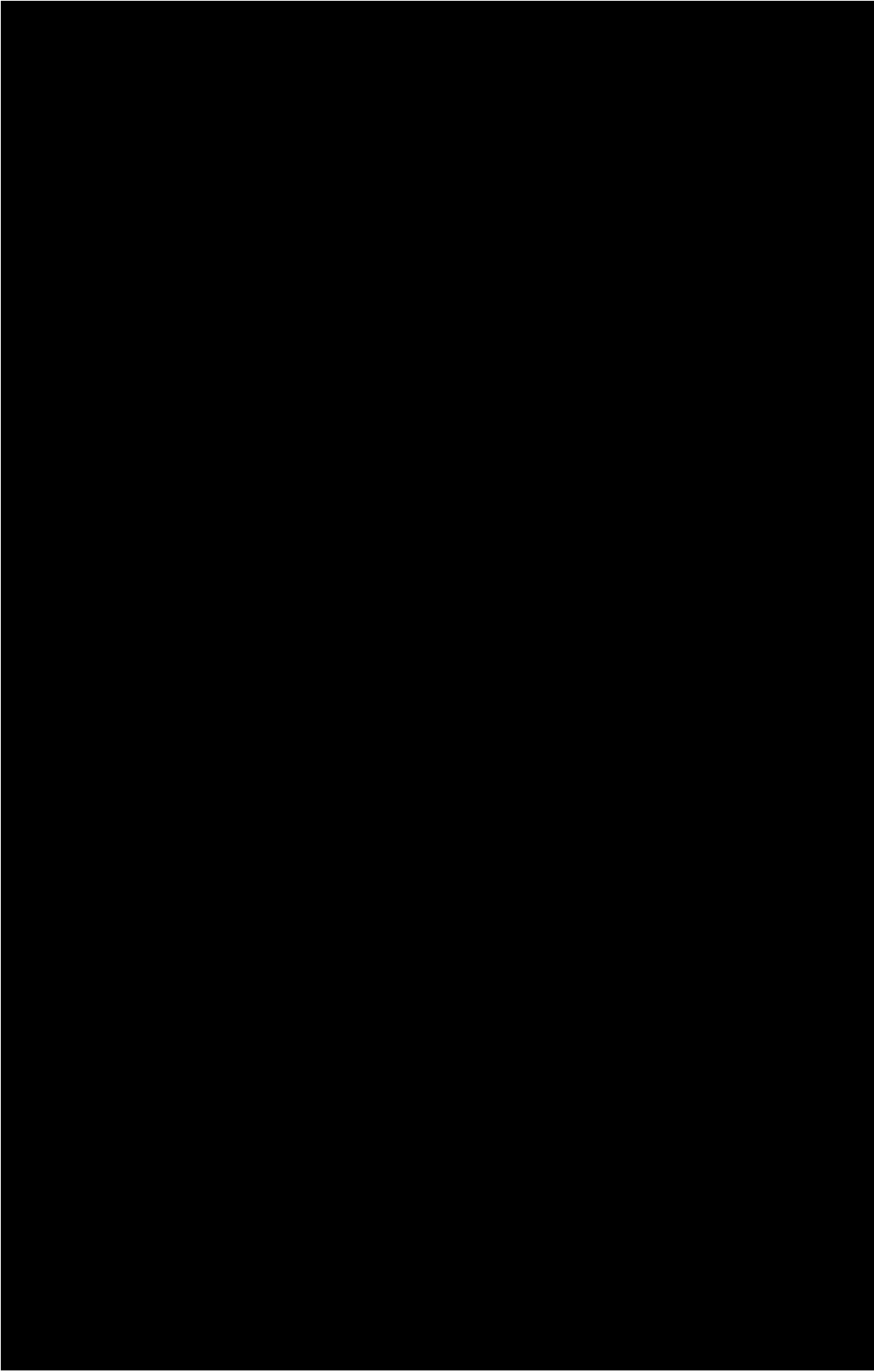
- 1) 造幣局編纂『貨幣の生ひ立ち』朝日新聞社(1940)
- 2) 田谷博吉 『近世銀座の研究』 吉川弘文館、(1963)
- 3) 滝沢武雄、西脇康編集『日本史小百科 貨幣』東京堂出版(1999)
- 4) 早川泰弘、三浦定俊、大貫摩里「江戸時代銀貨の色揚げに関する調査」文化財保存修復学会誌 45 (2001) pp44-60
- 5) 桐野文良、北田正弘「明和 5 匁銀の表面腐食層の微細構造」アジア鑄造技術史学会研究発表概要集 3 号(2009)pp40-43
- 6) 桐野文良、北田正弘「文政一朱金の表面近傍の層構造」第 31 回文化財保存修復学会大会研究発表要旨集(2009)pp60-61
- 7) 田口勇・齋藤努・上田道男、「江戸期小判の分析化学的研究」、『日本文化財科学会第 10 回大会発表要旨集』、(1993)
- 8) 上田道男、「江戸期小判の品位をめぐる問題と非破壊分析結果について」、『金融研究』、日本銀行金融研究所、第 12 巻第 2 号、(1993)
- 9) 国立歴史民俗博物館、『お金の玉手箱—錢貨の列島 2000 年史』、(1997)
- 10) 桐野文良、北田正弘、飯野一郎、堀口光彦「色揚げした Au-Ag 合金の色におよぼす Au 濃度の影響」第 26 回文化財保存修復学会大会研究発表要旨集(2004)pp148-149

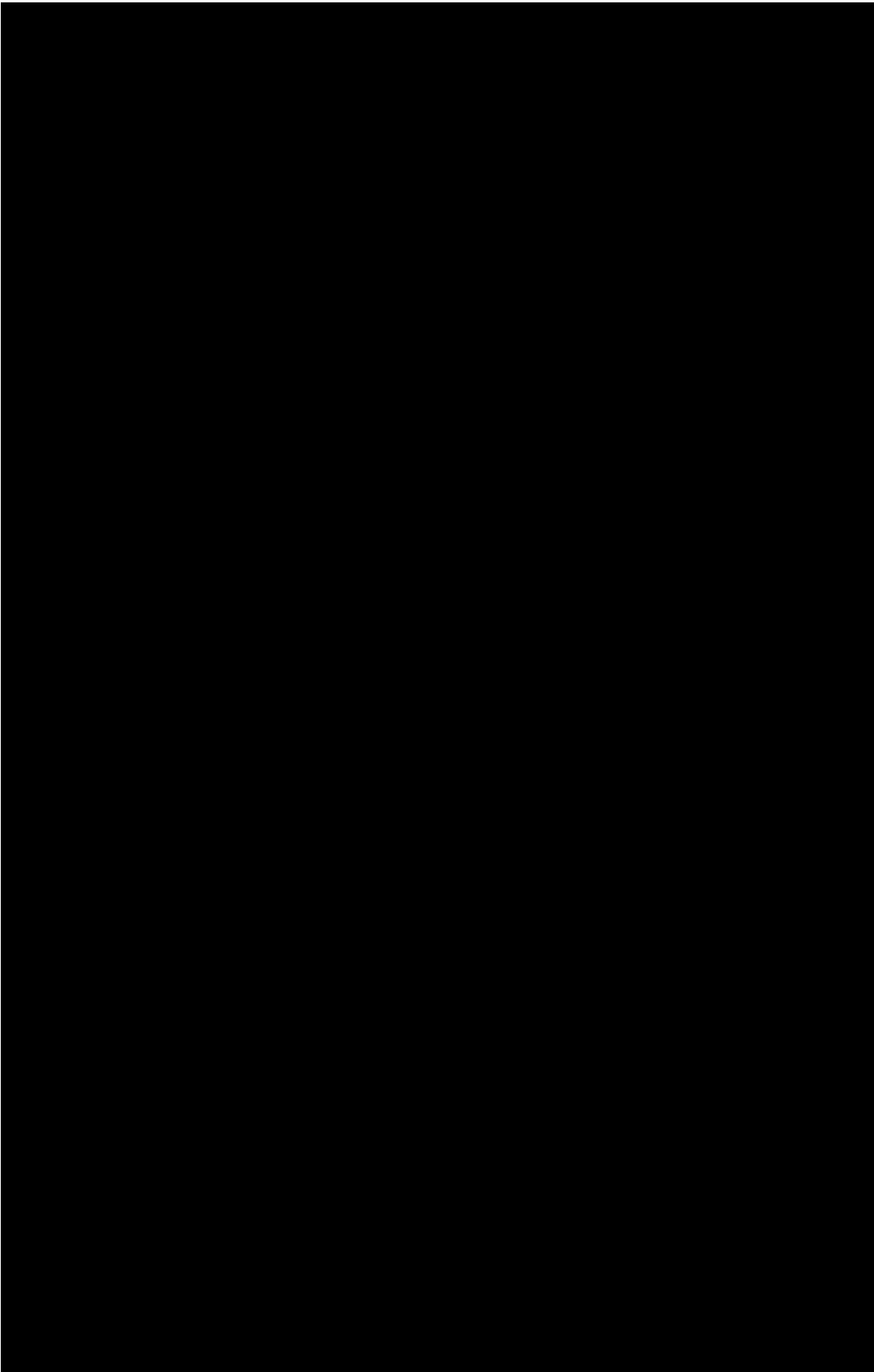


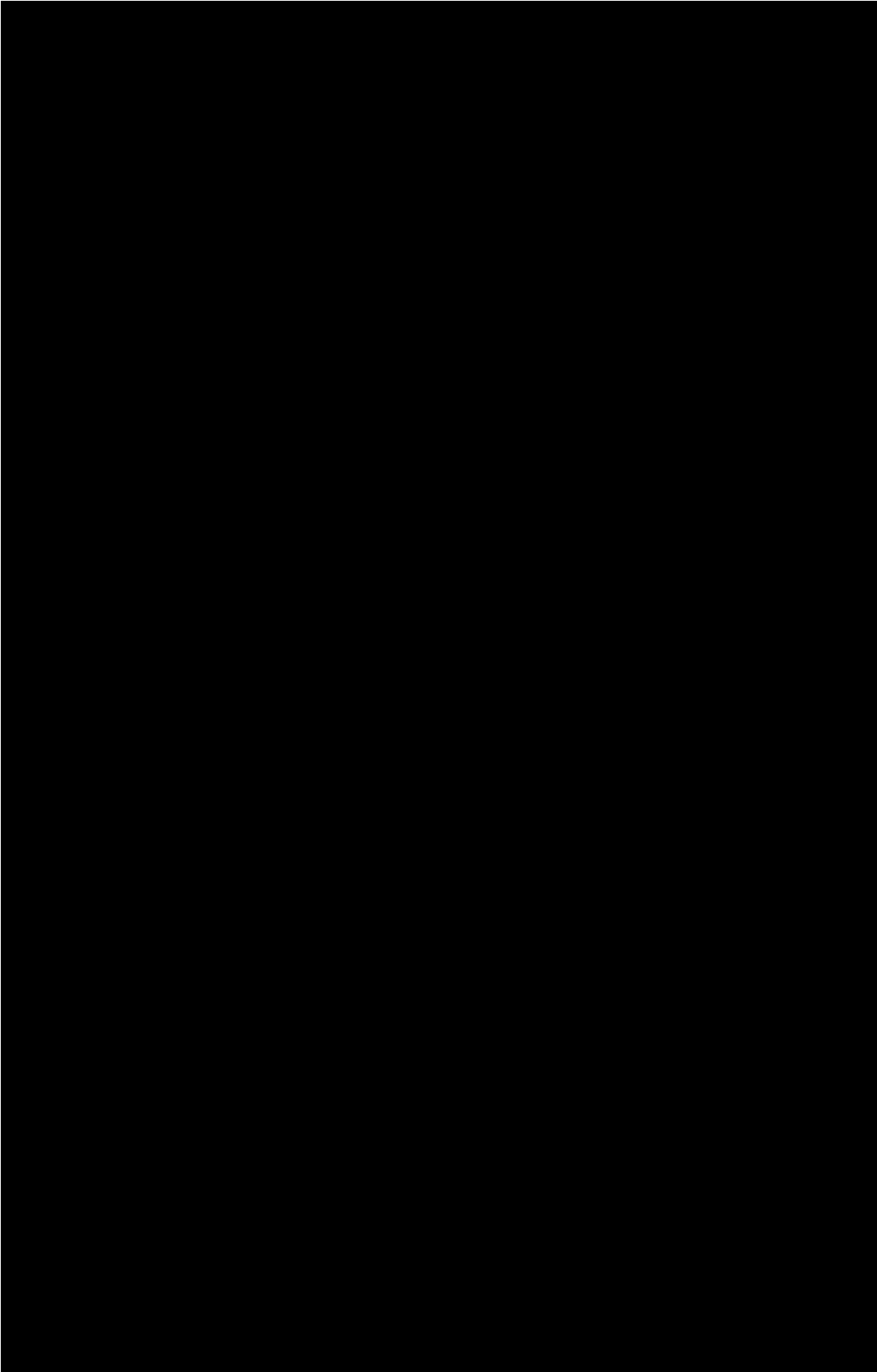




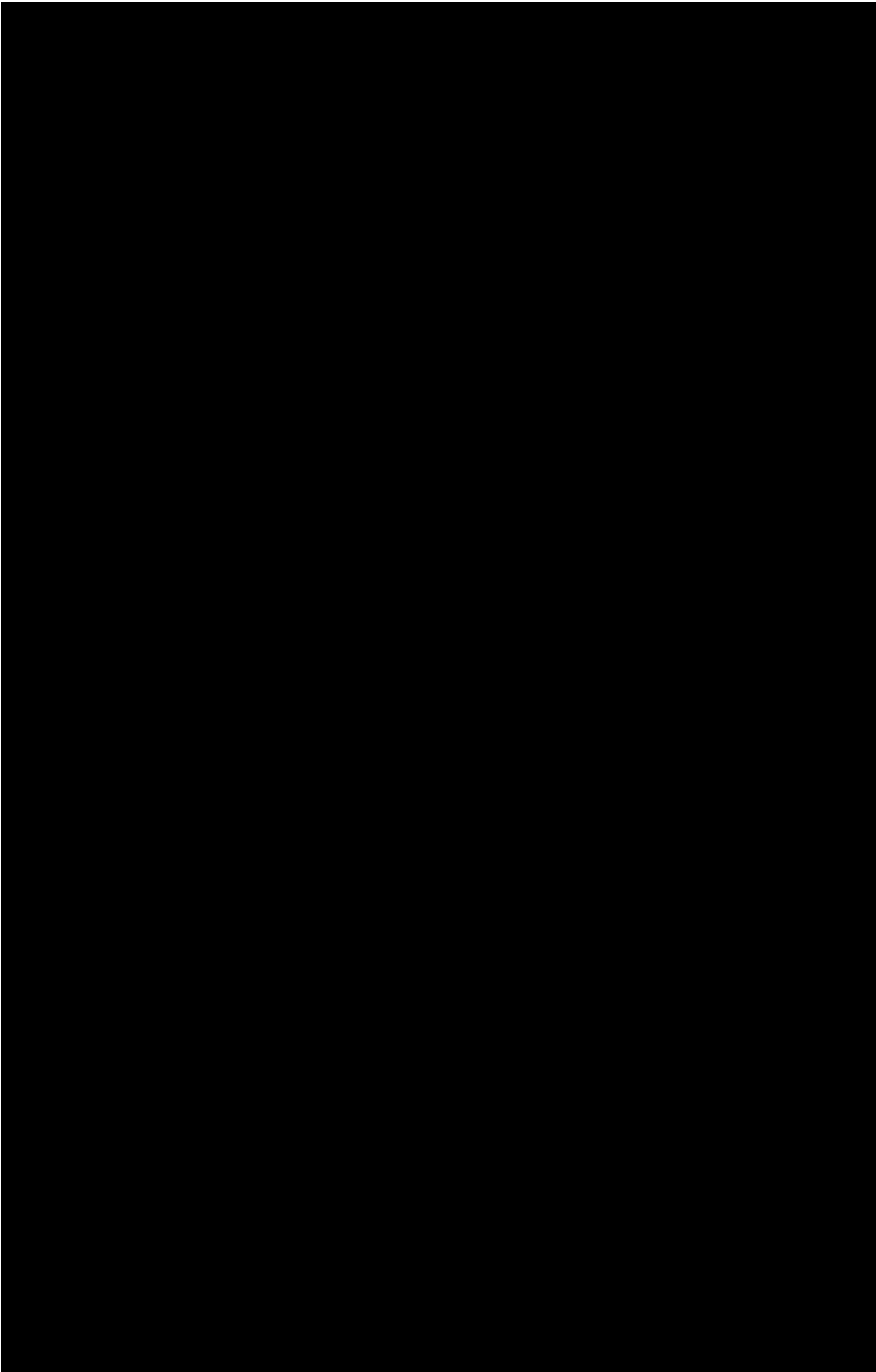


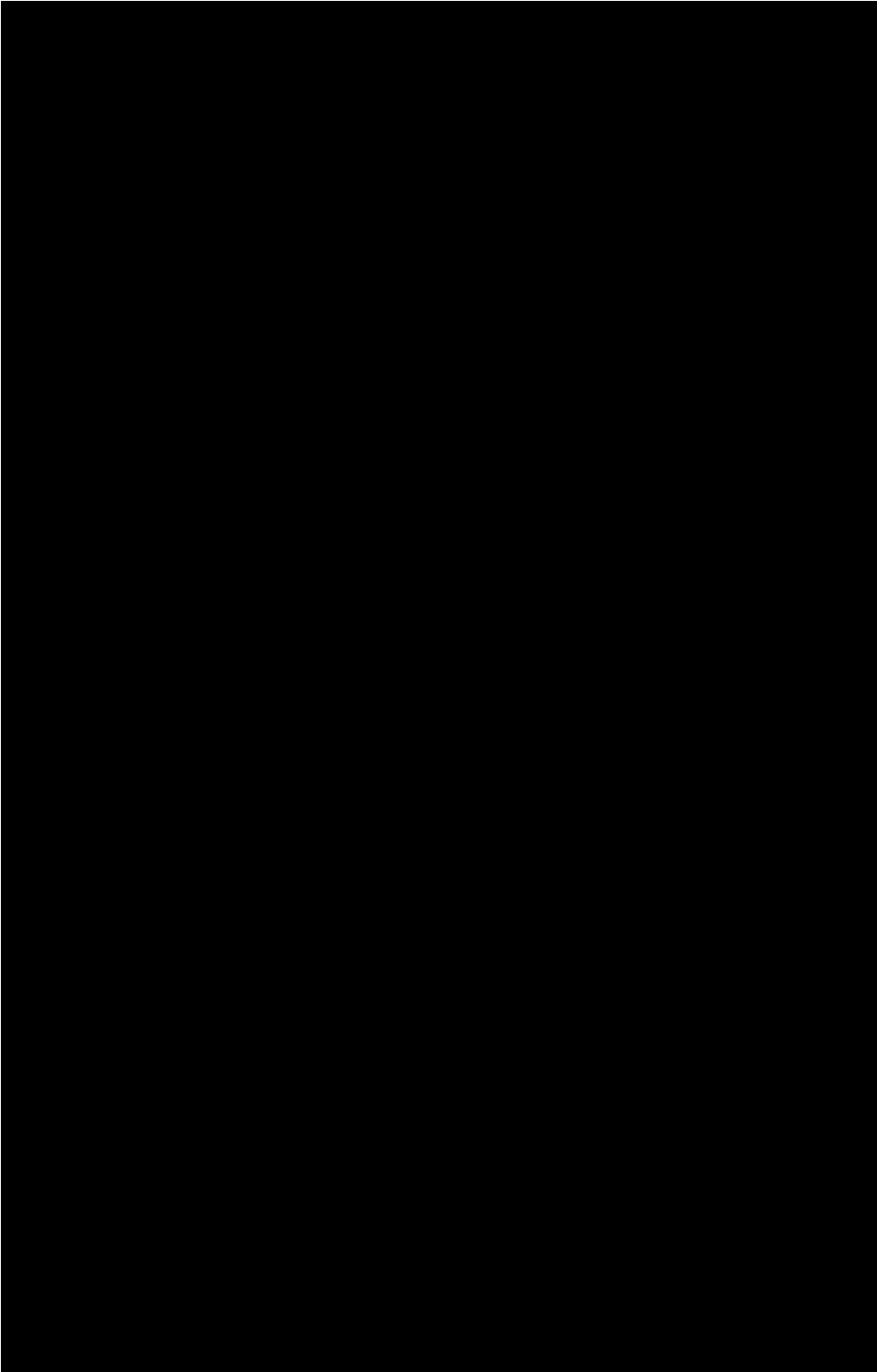


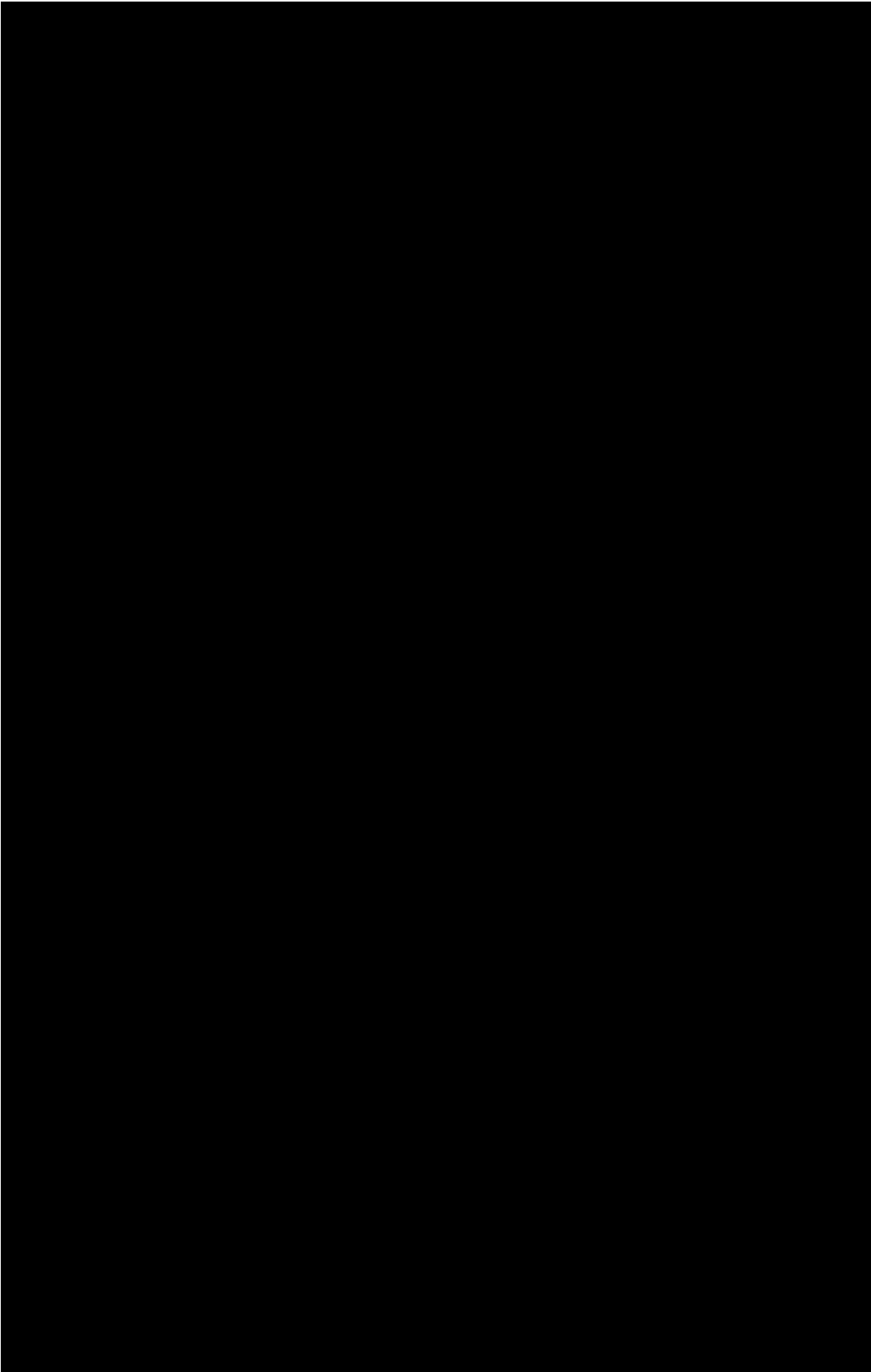


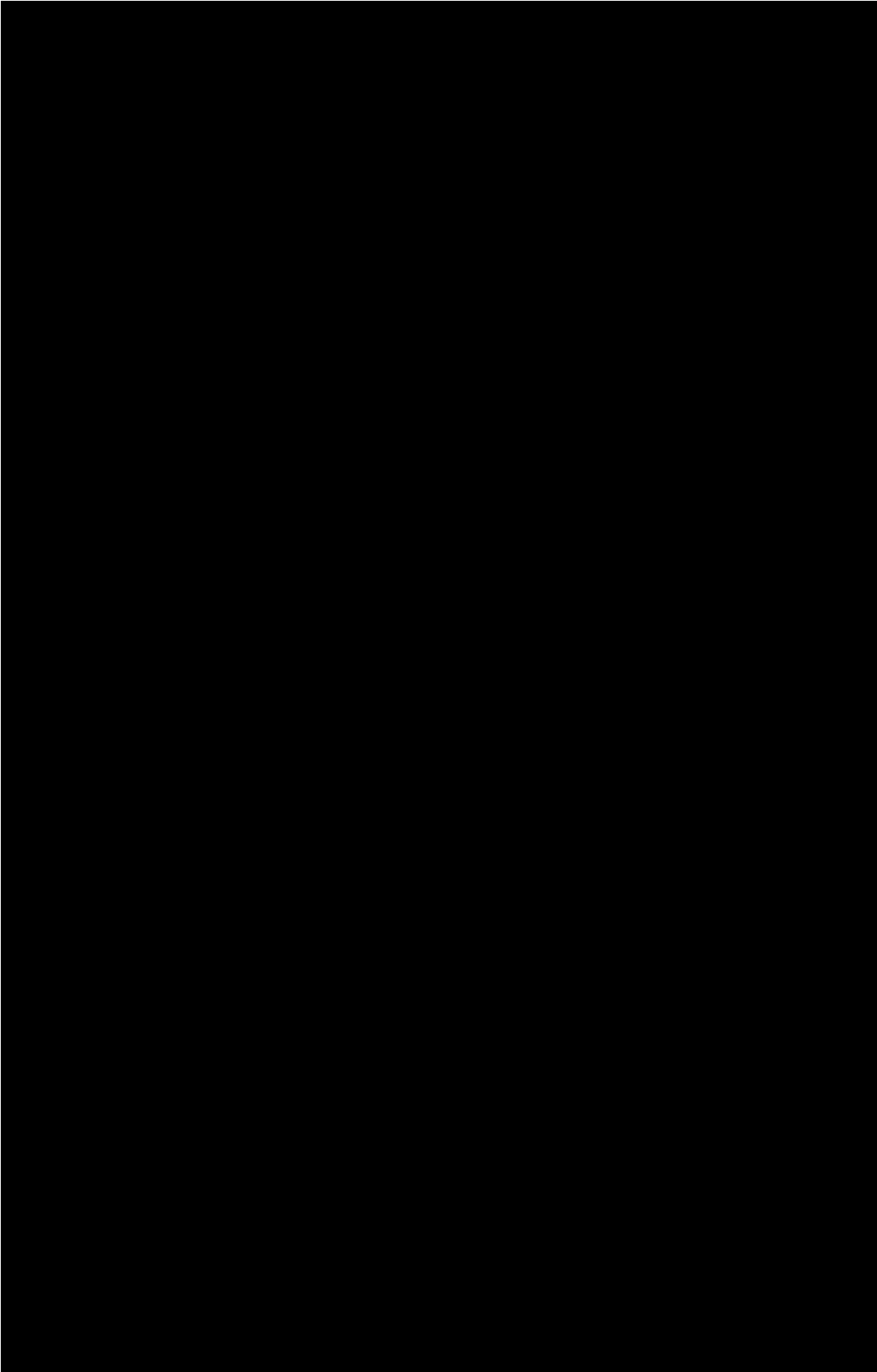


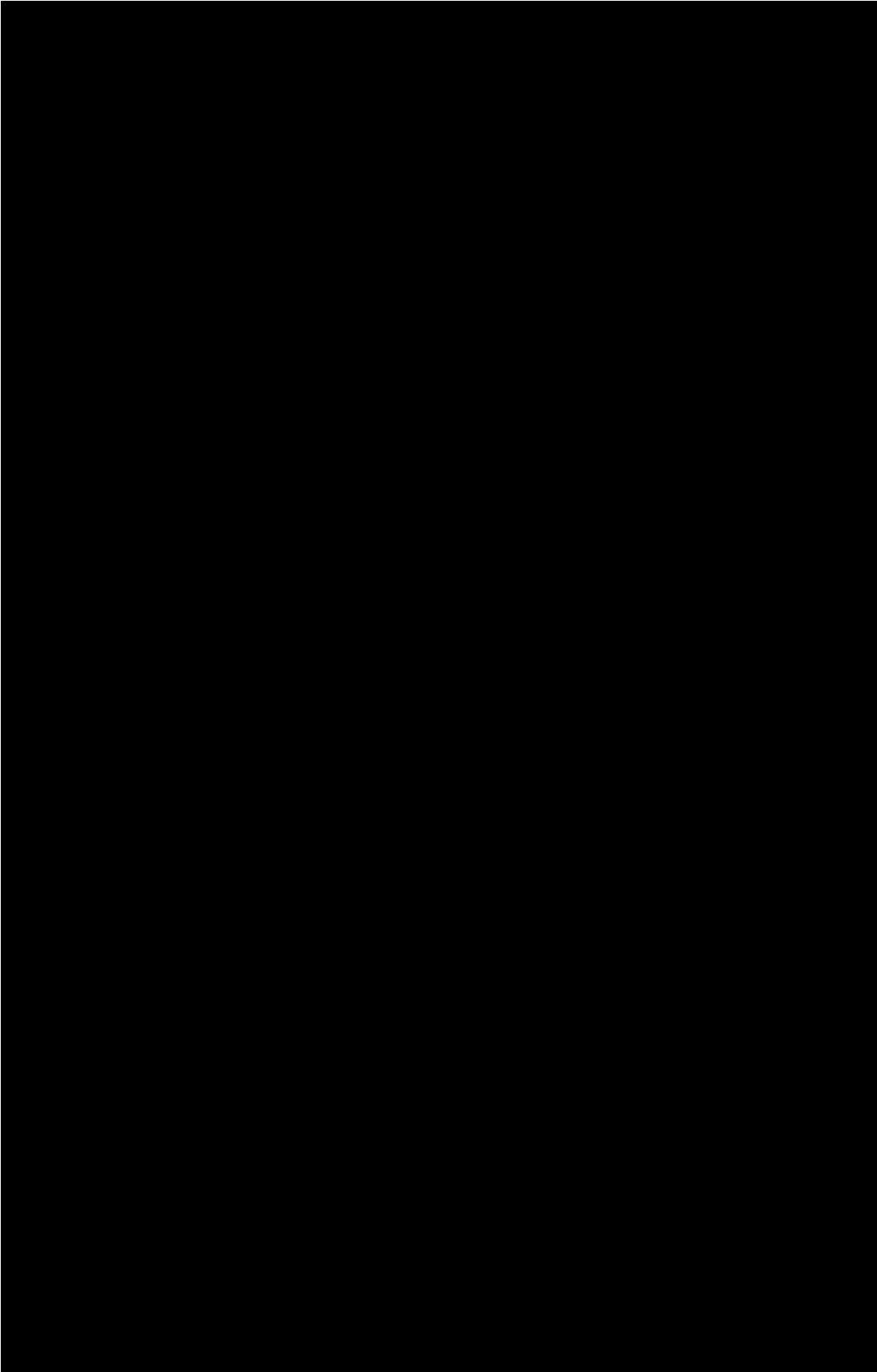


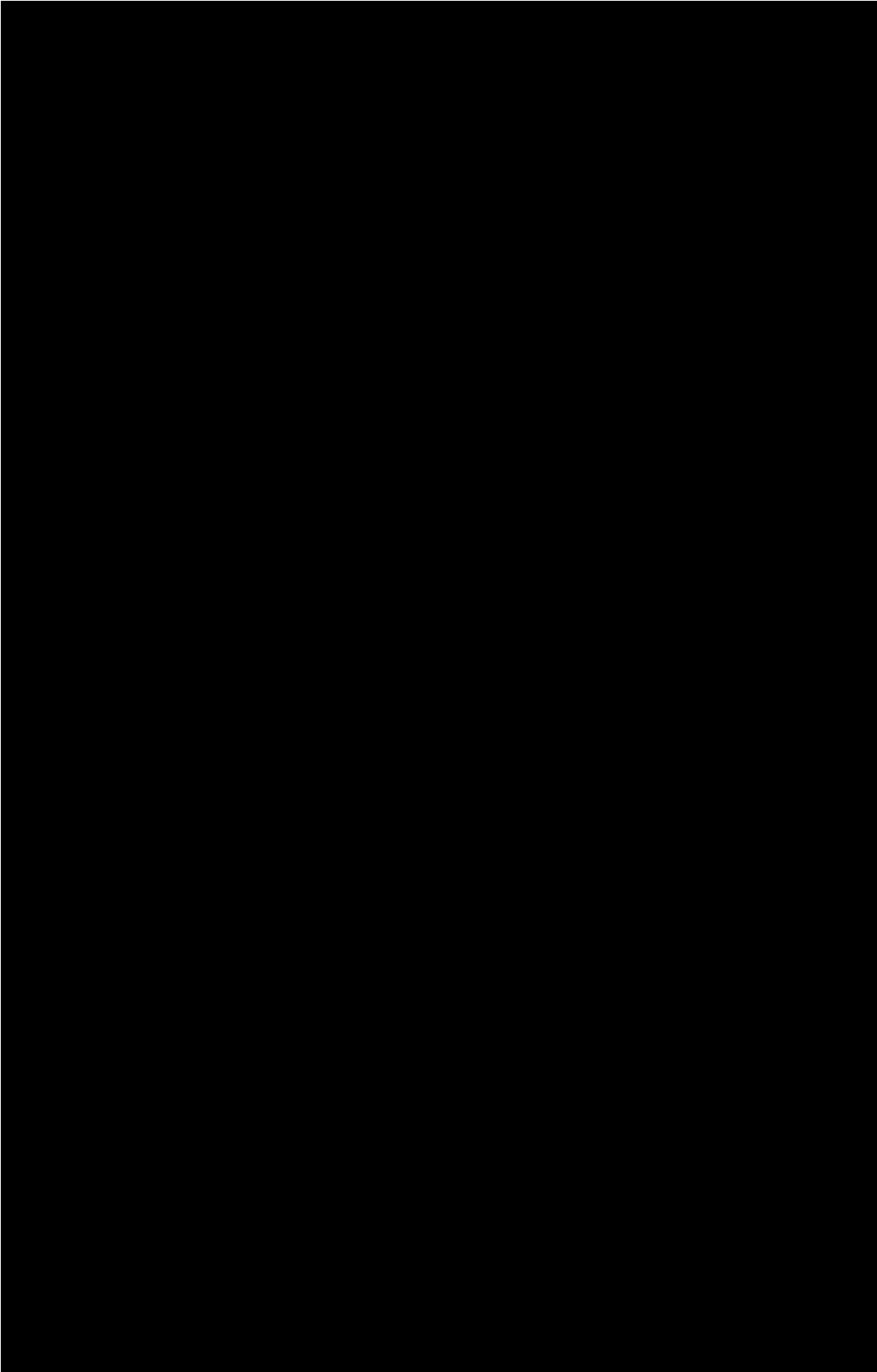


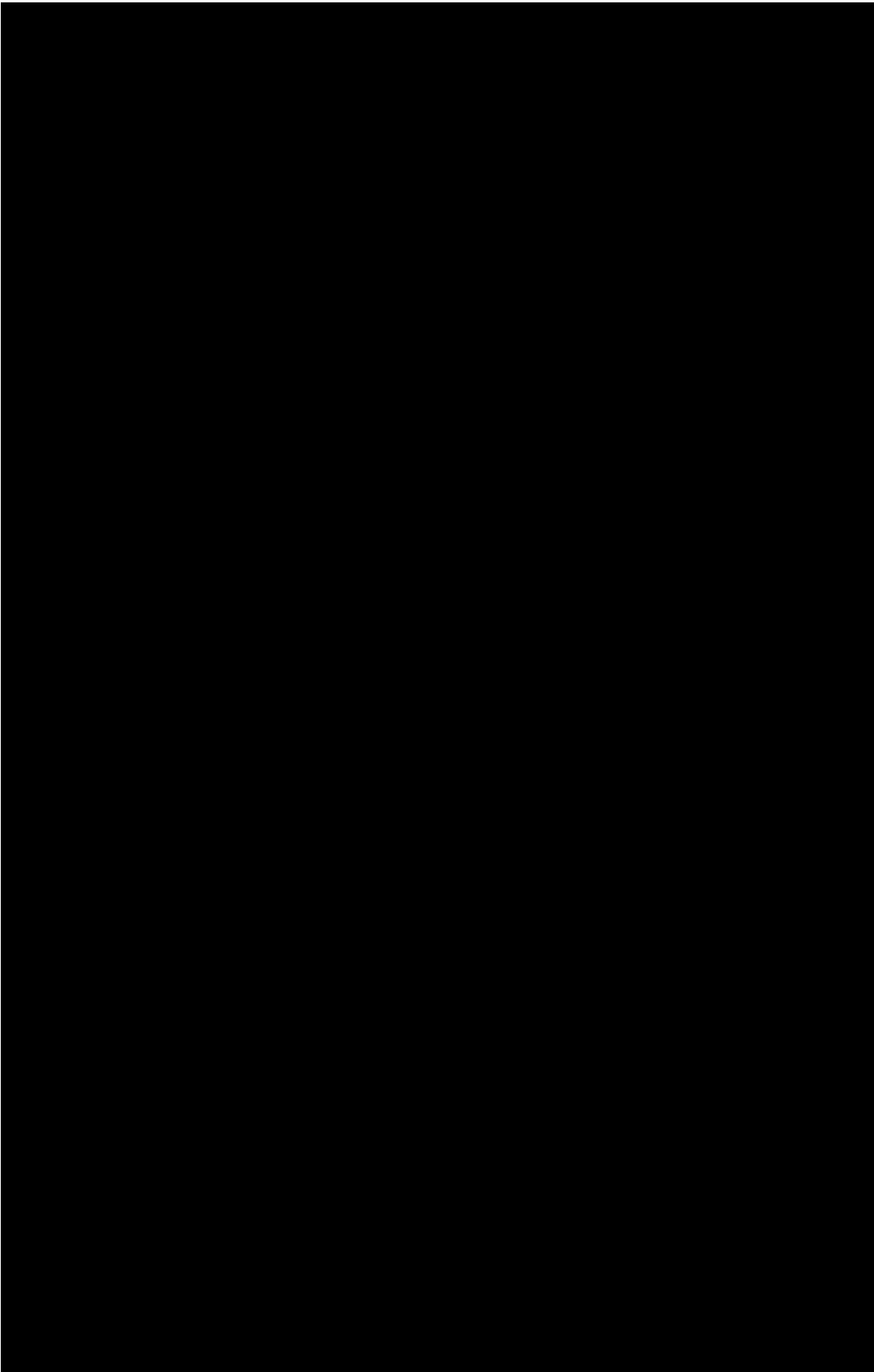


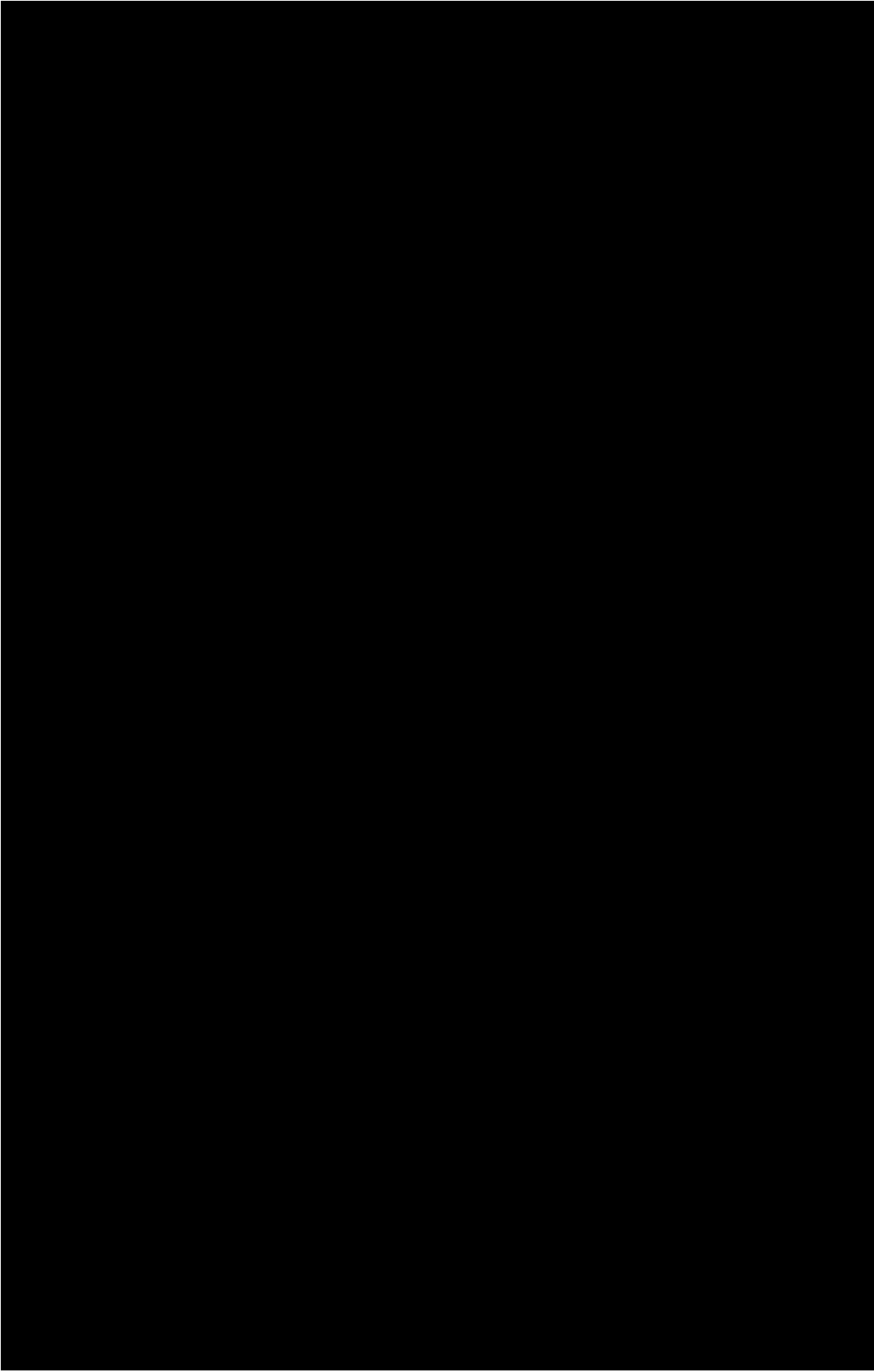




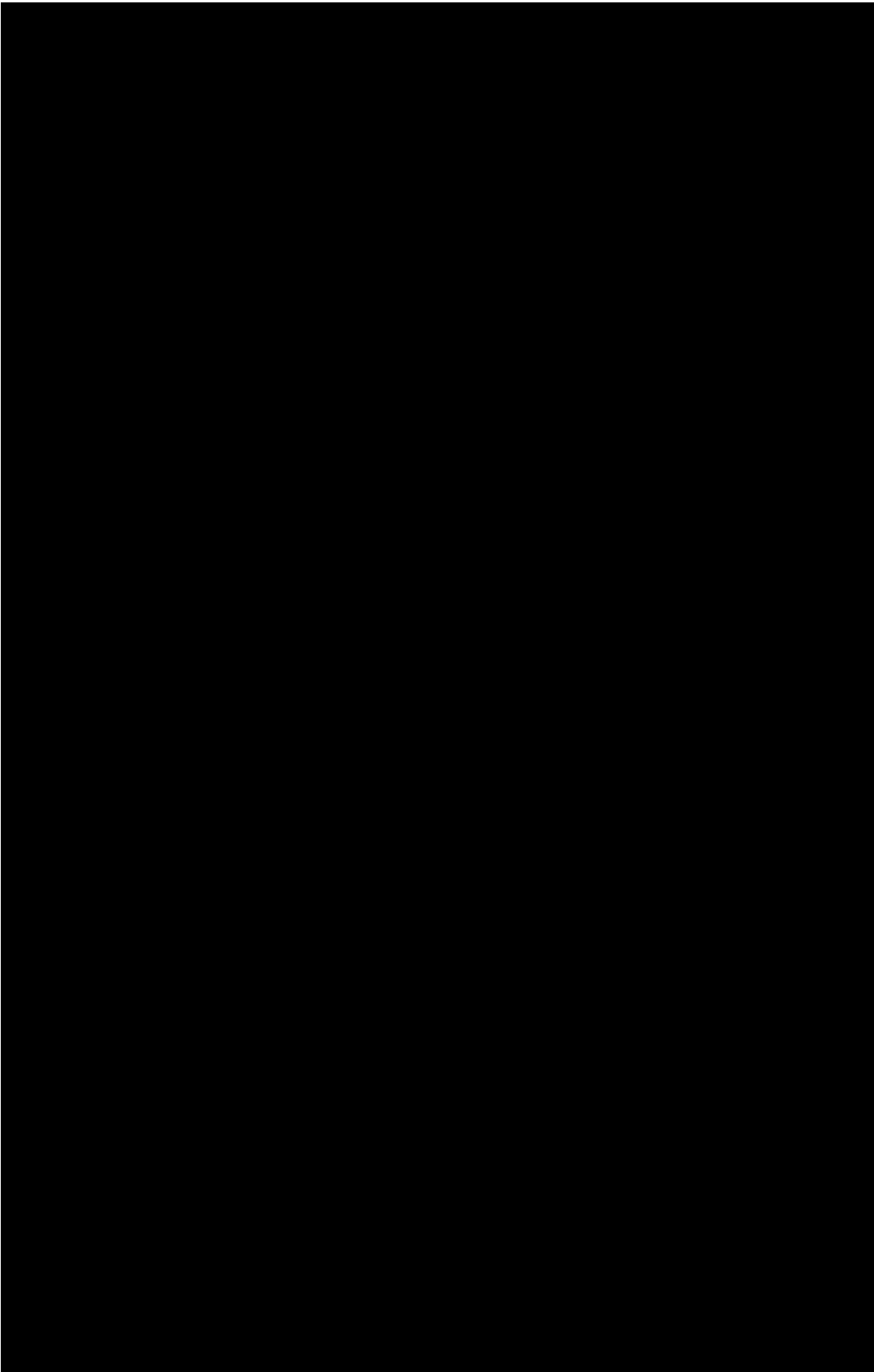


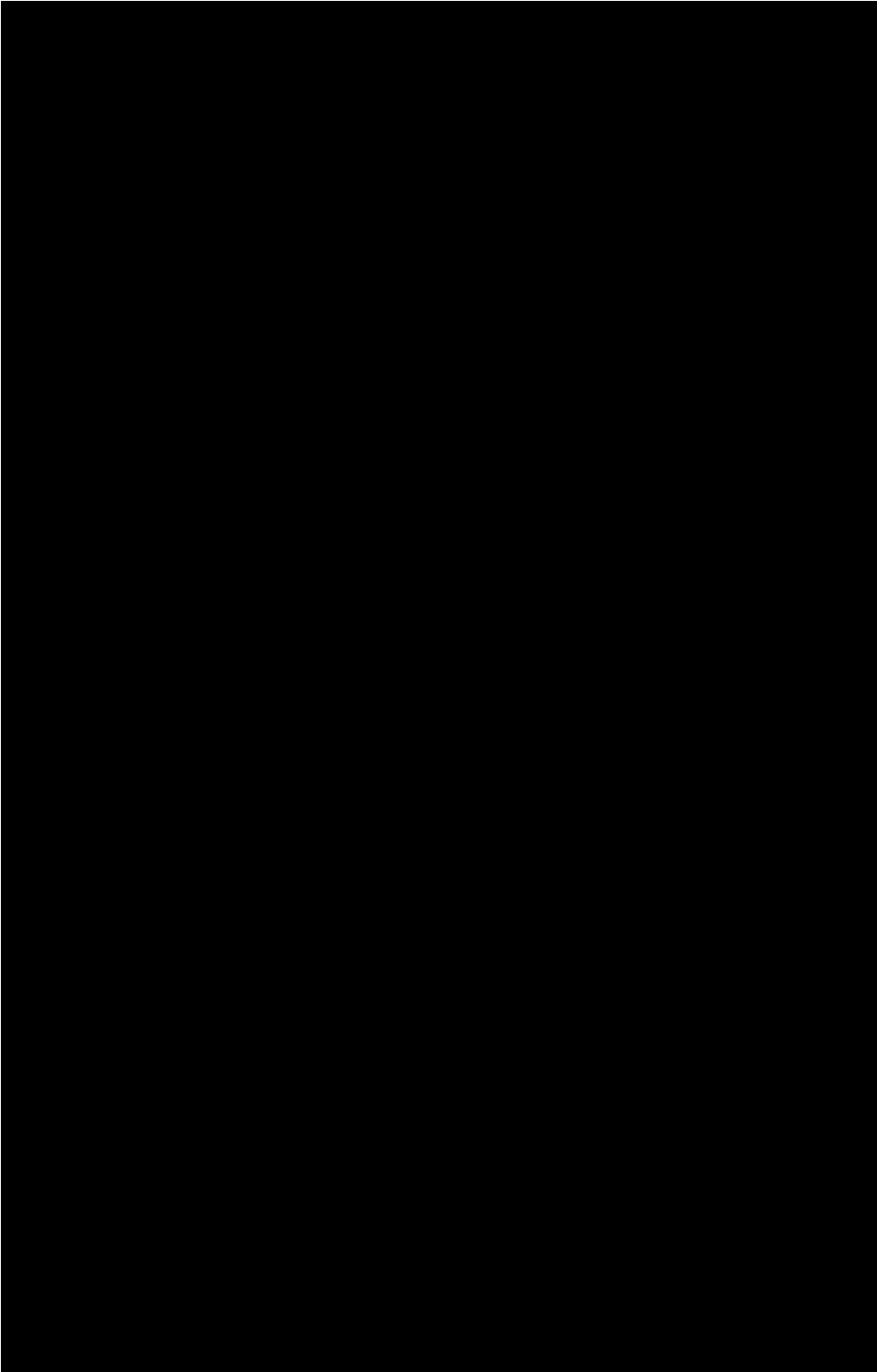


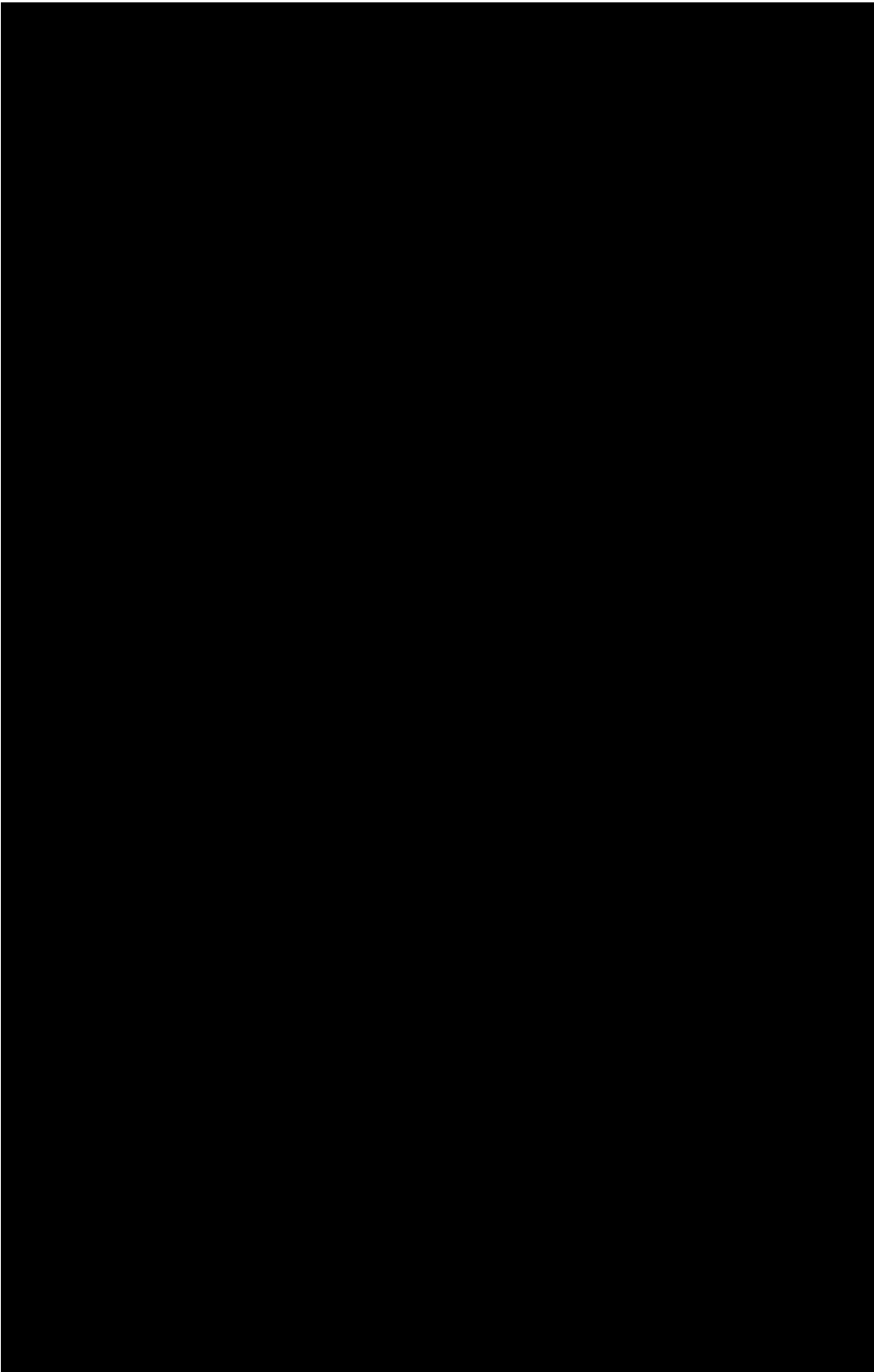


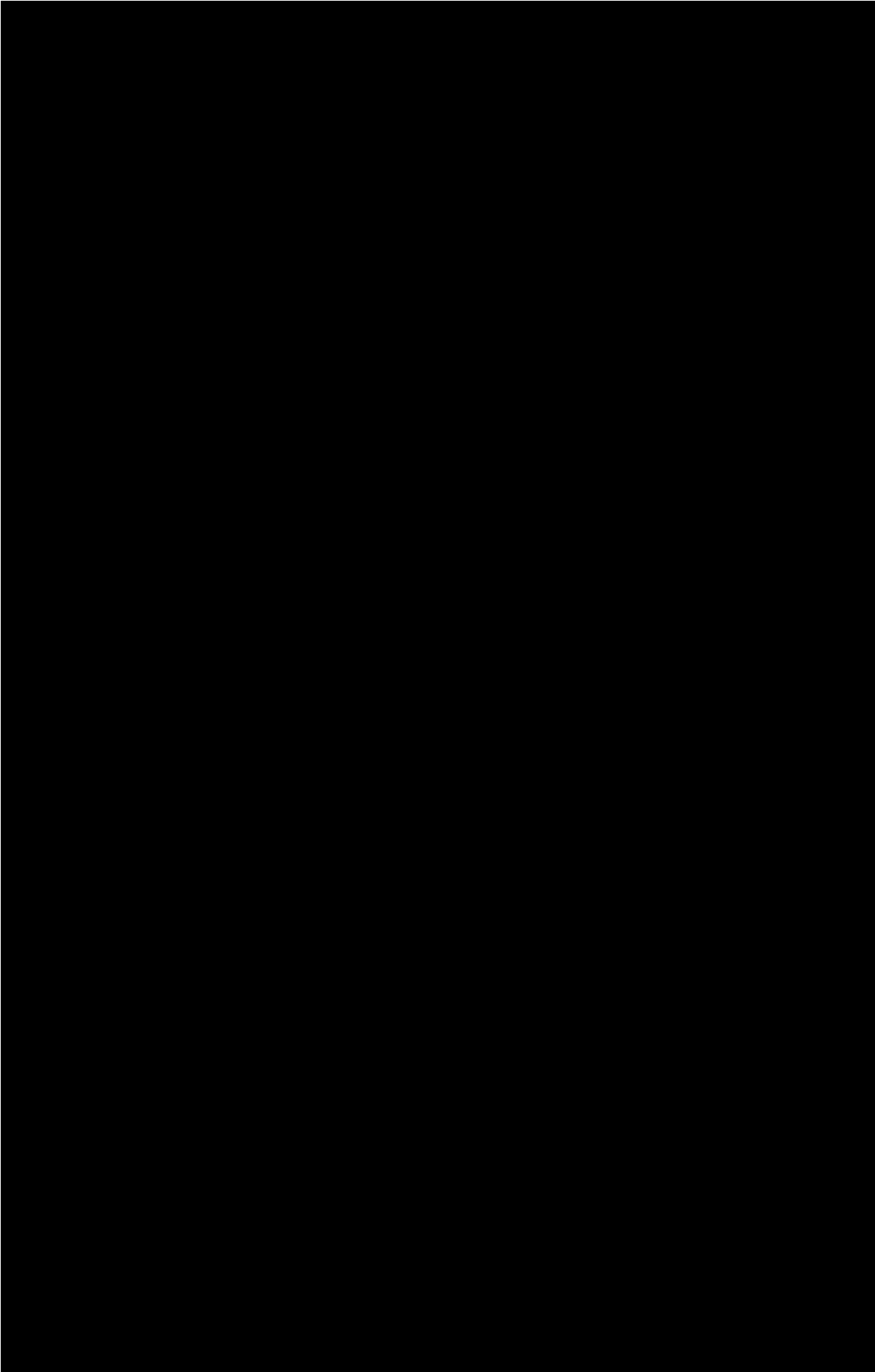


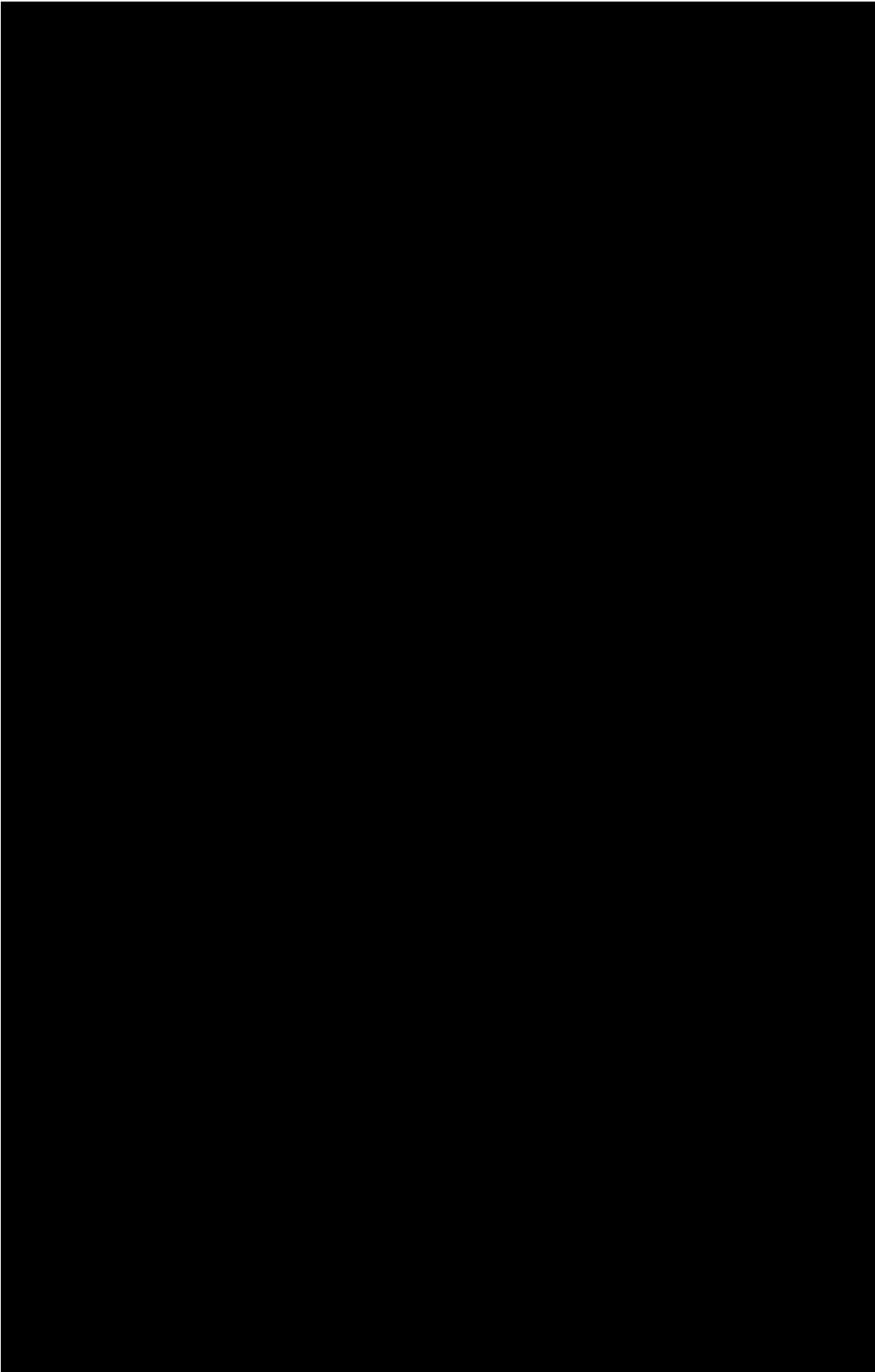


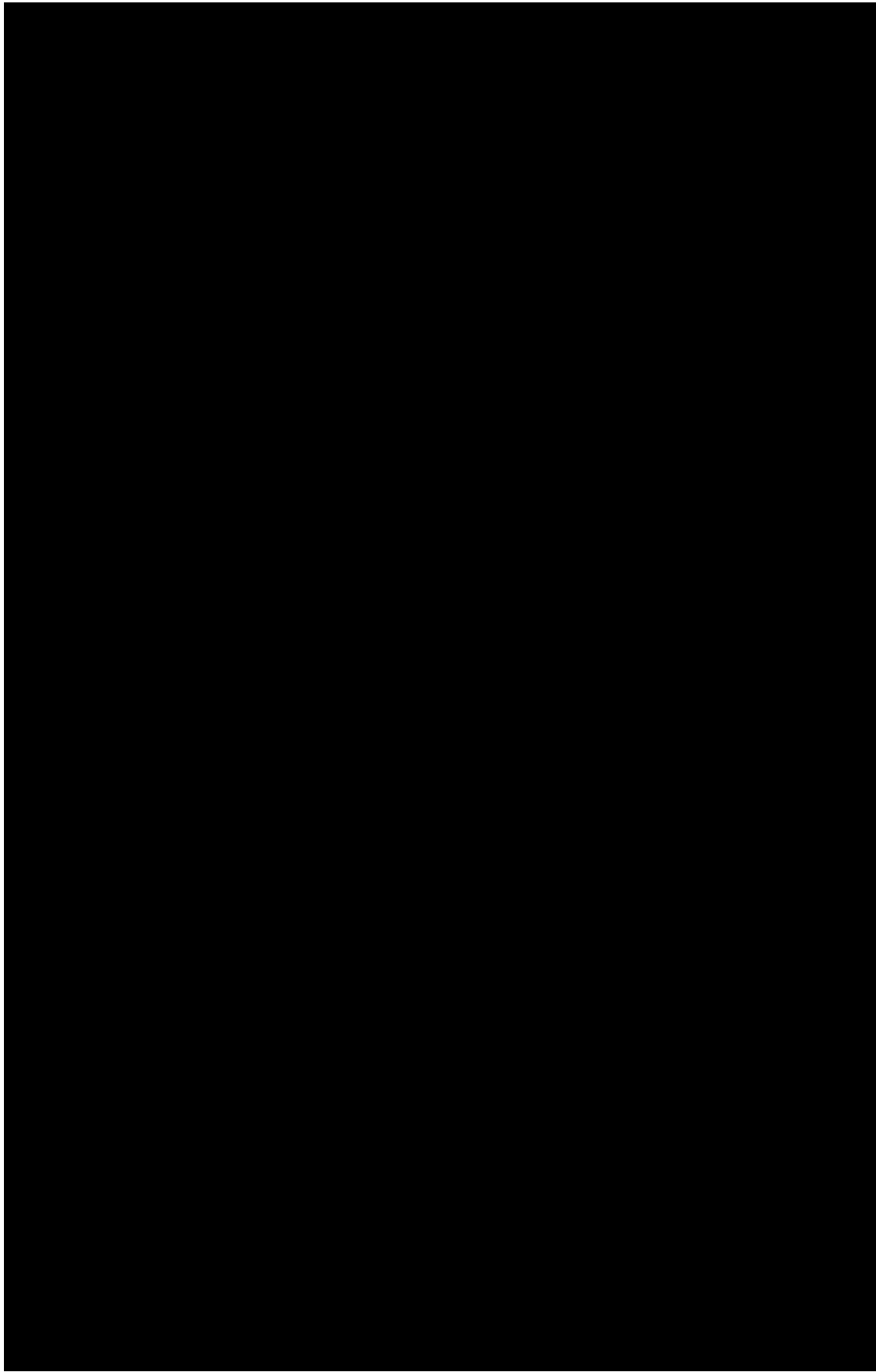


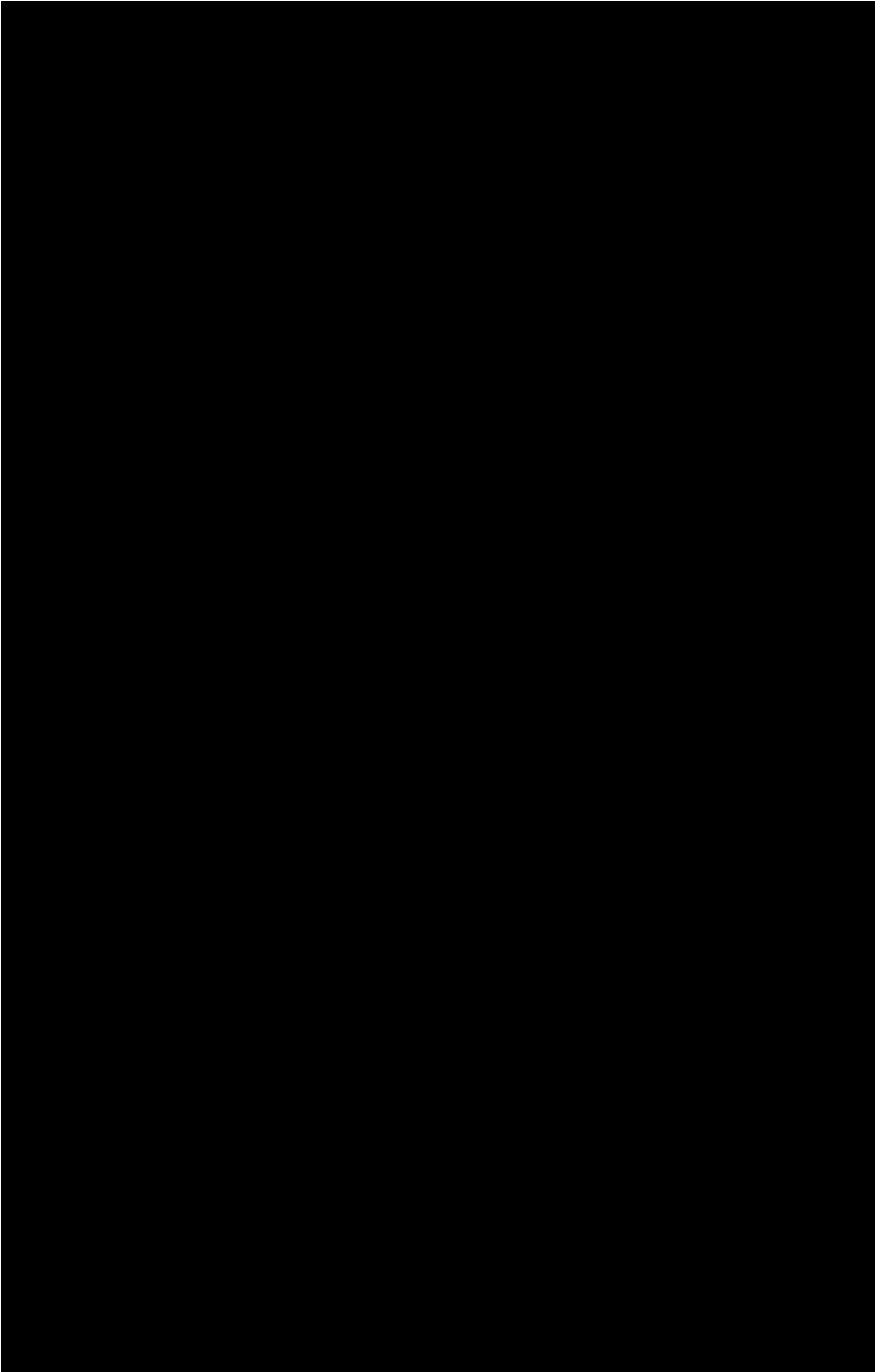


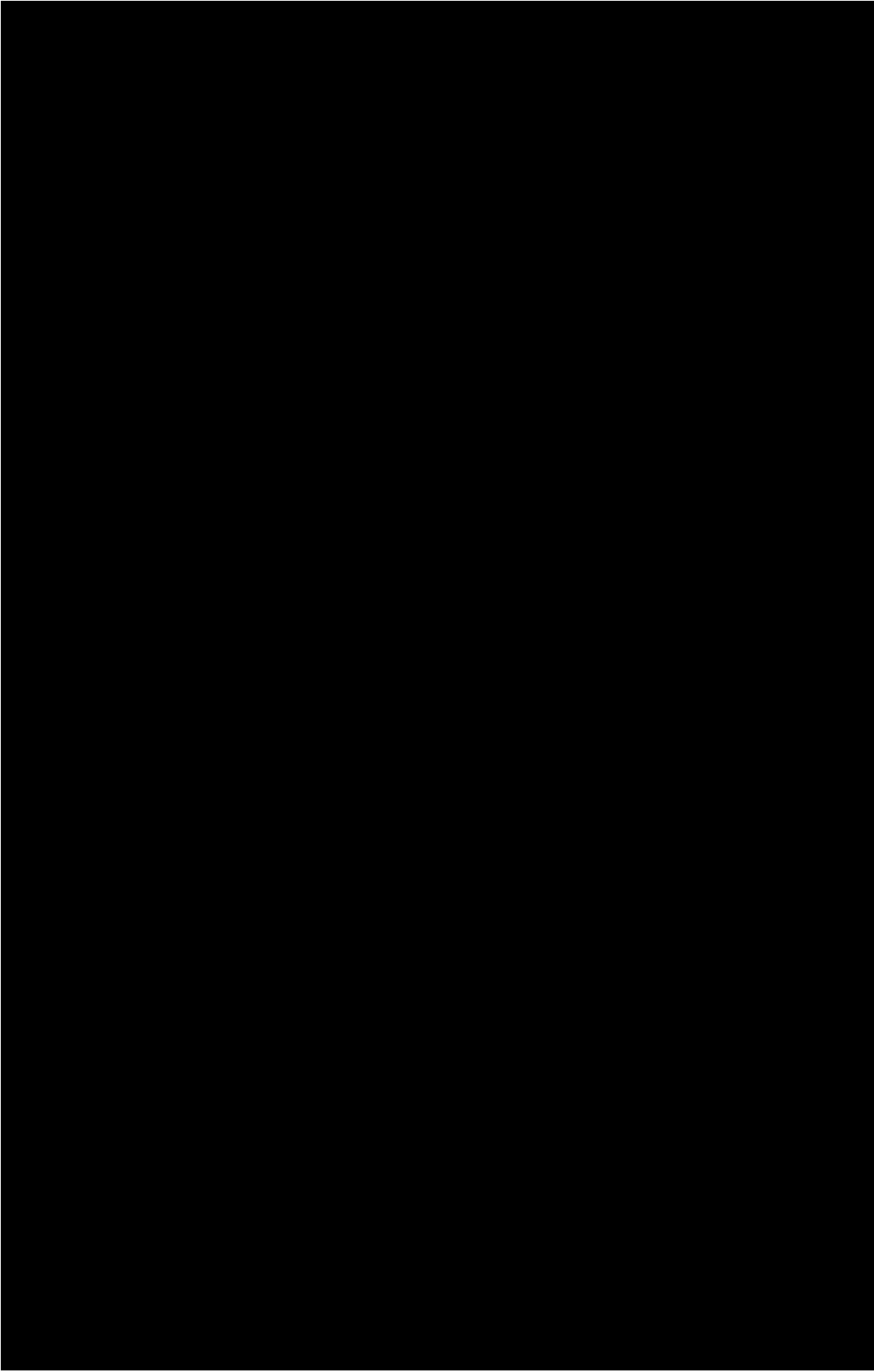




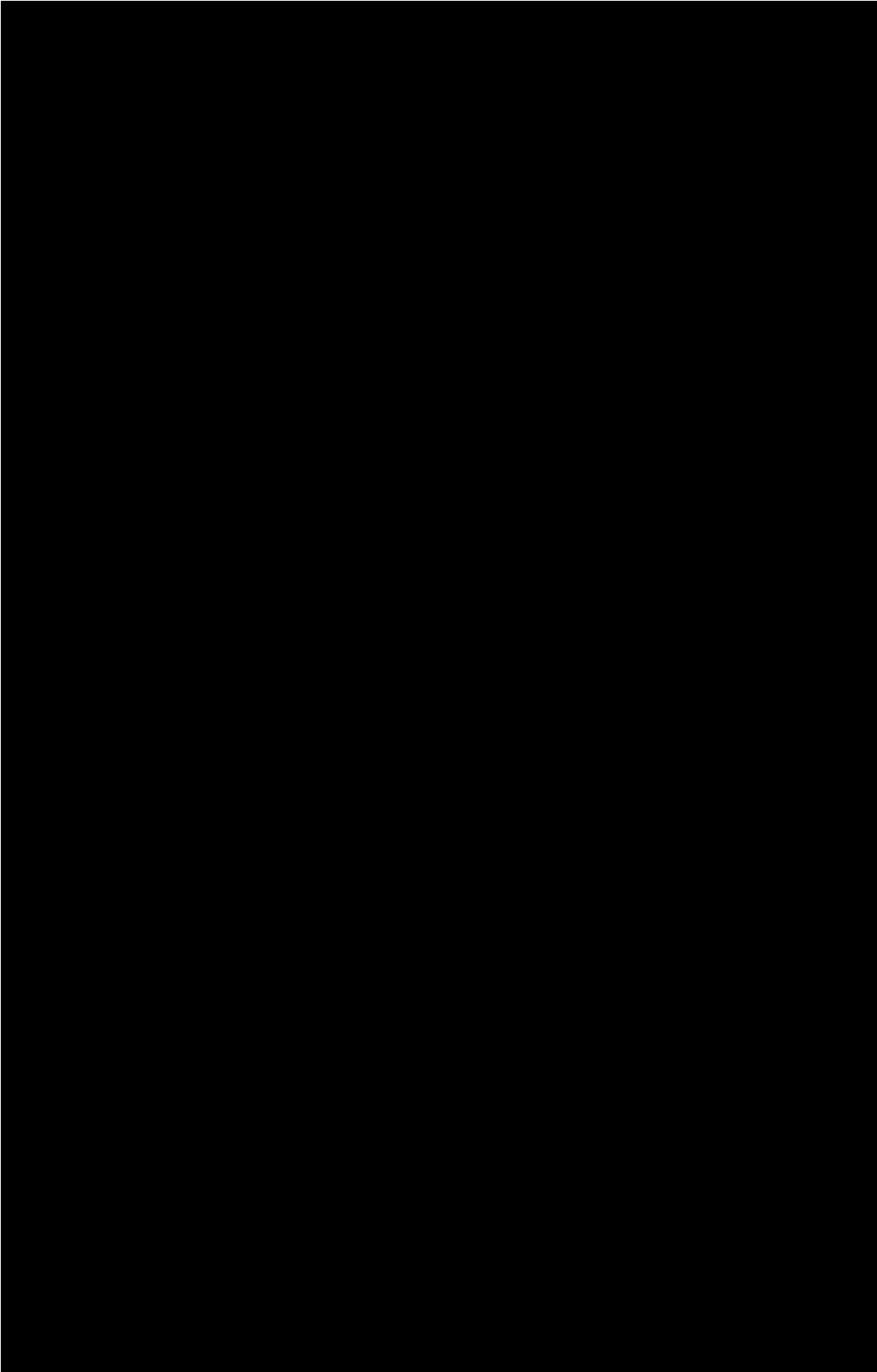


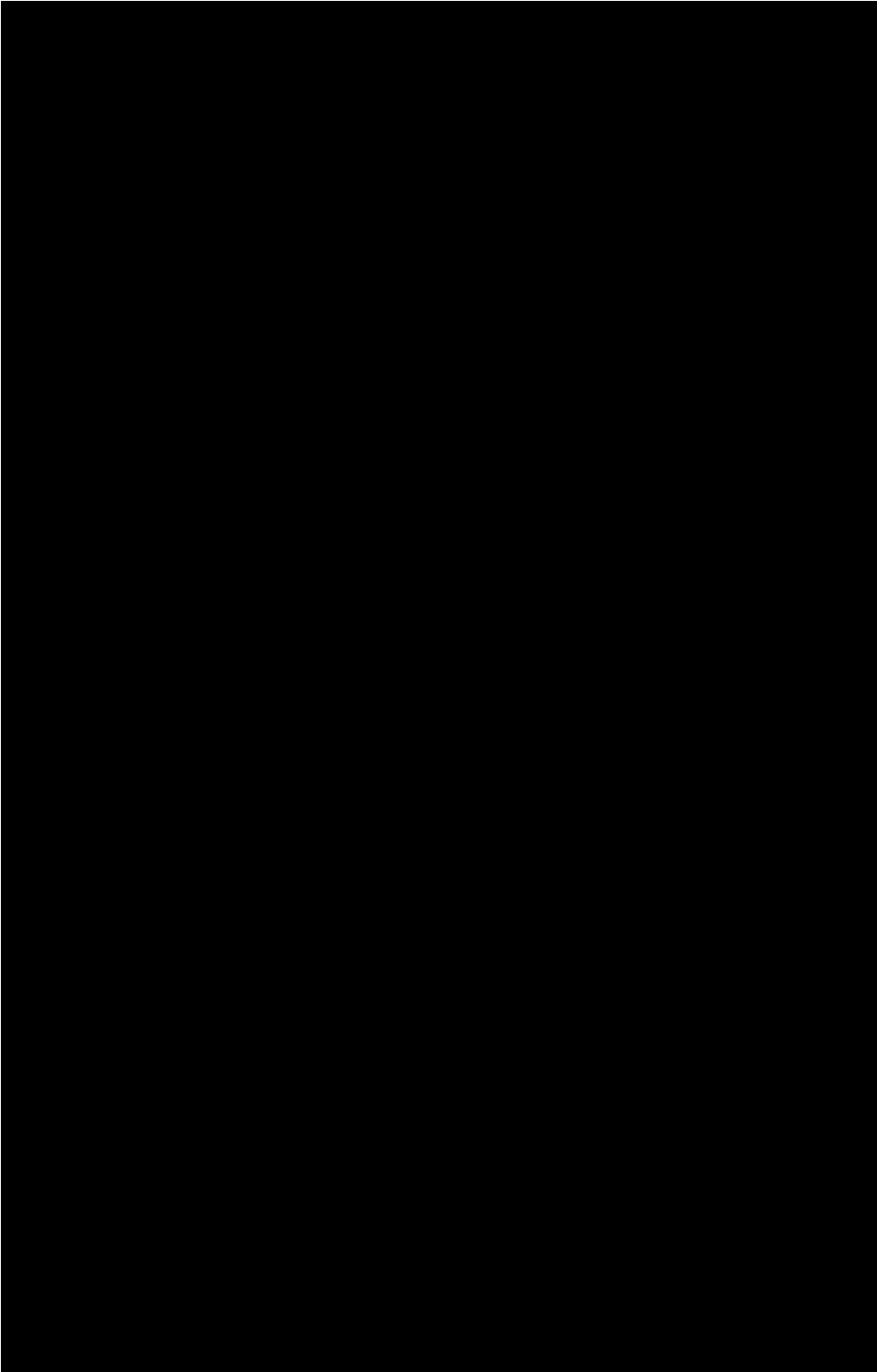


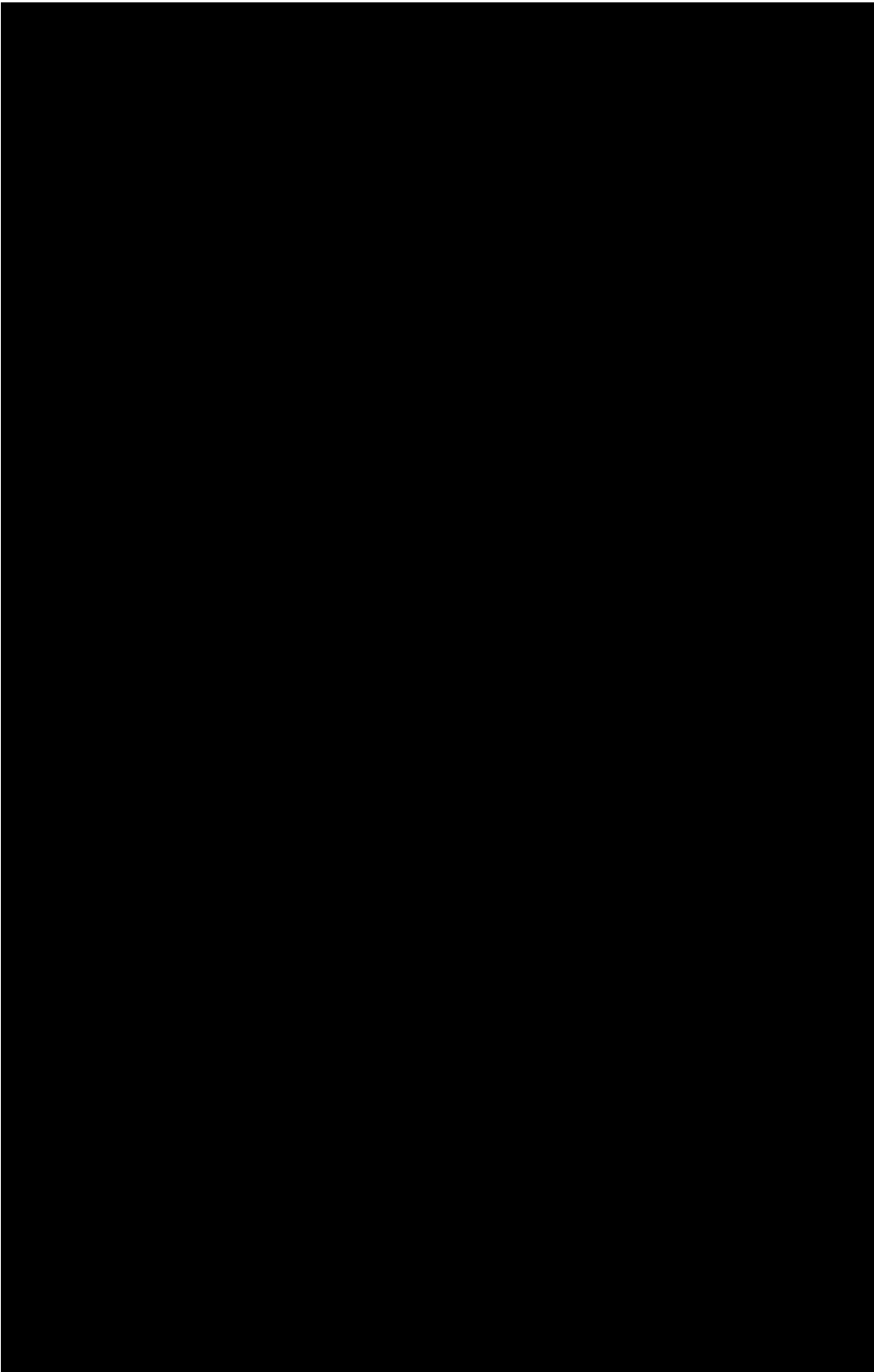


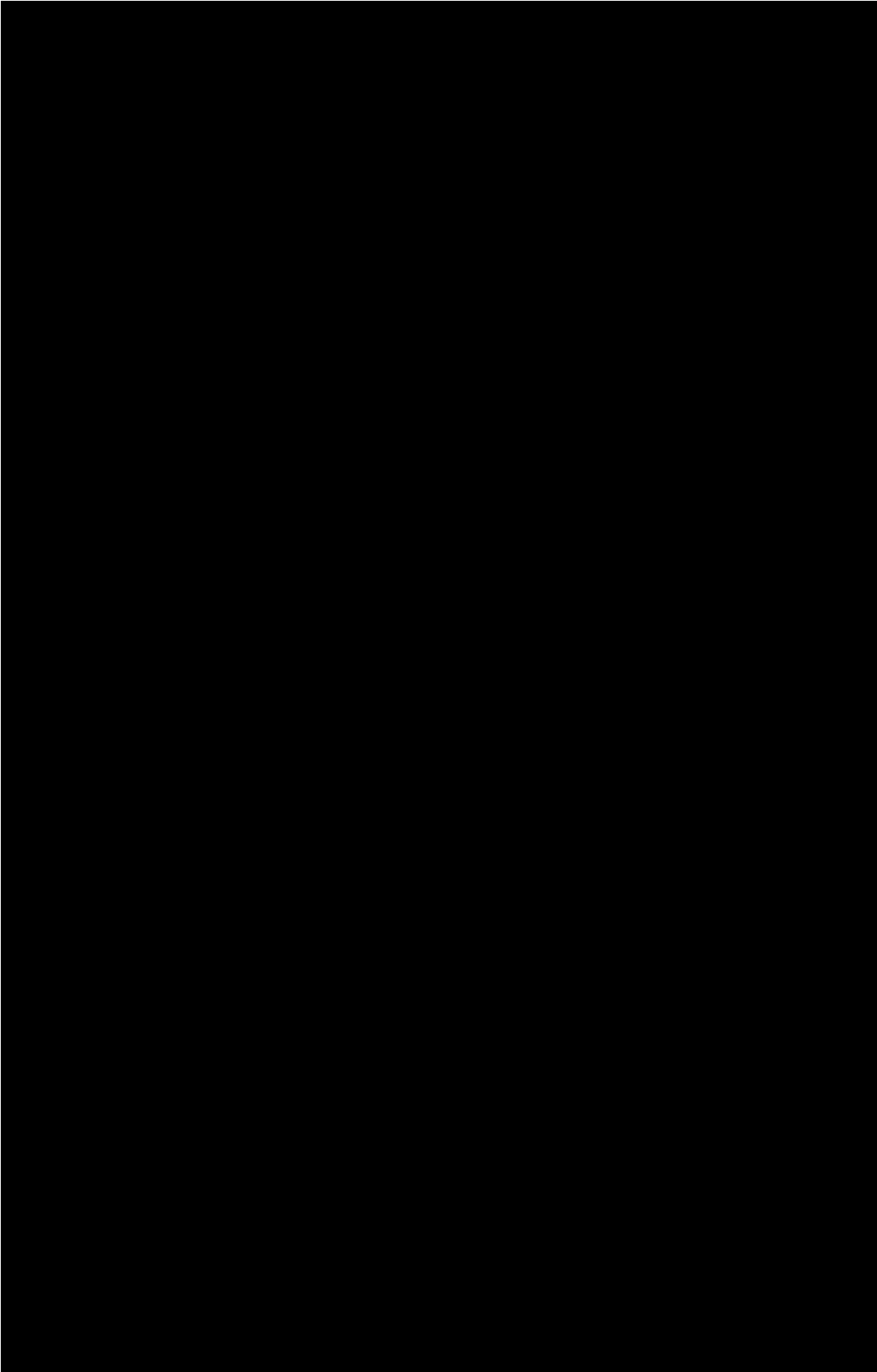


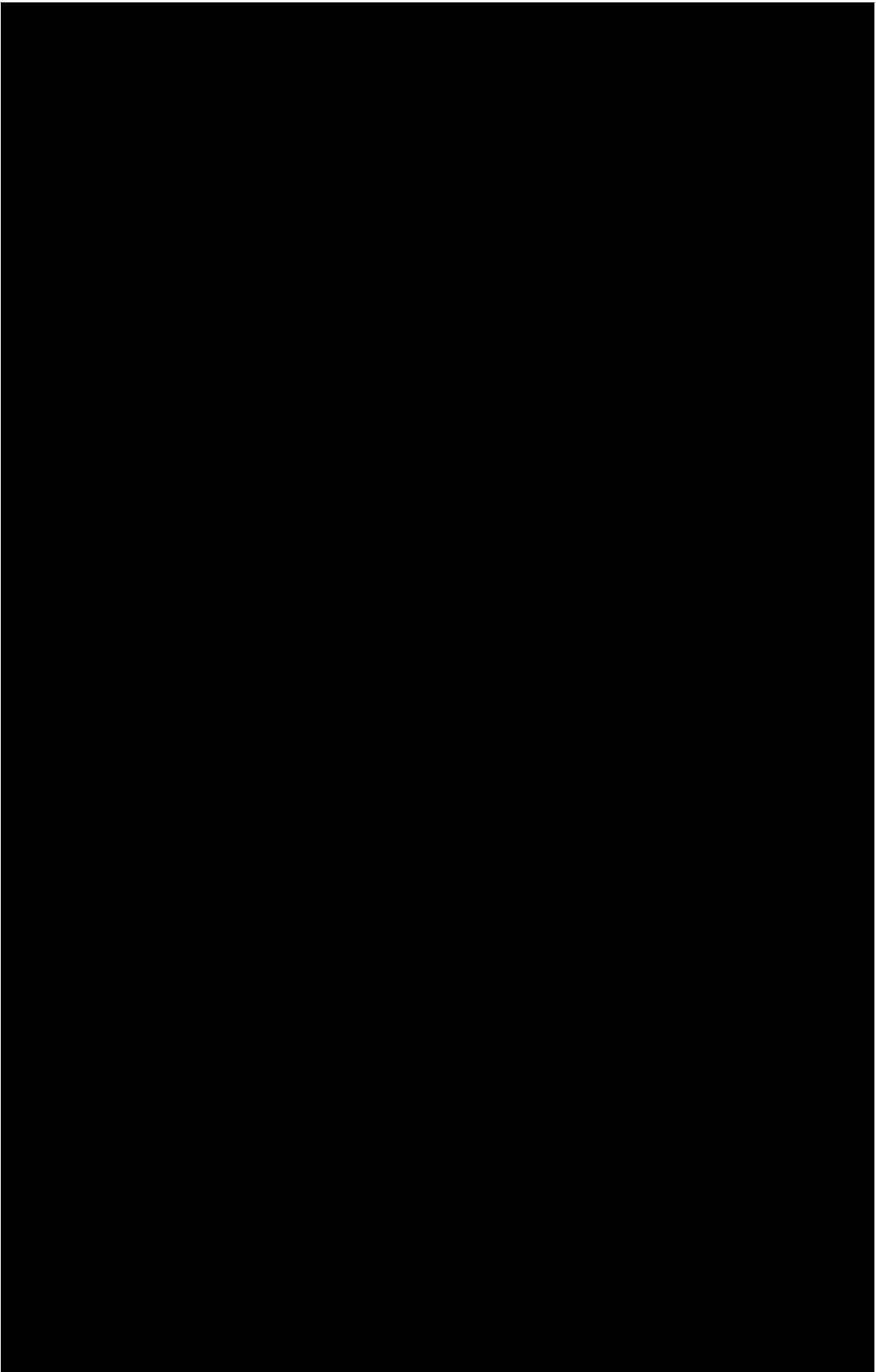


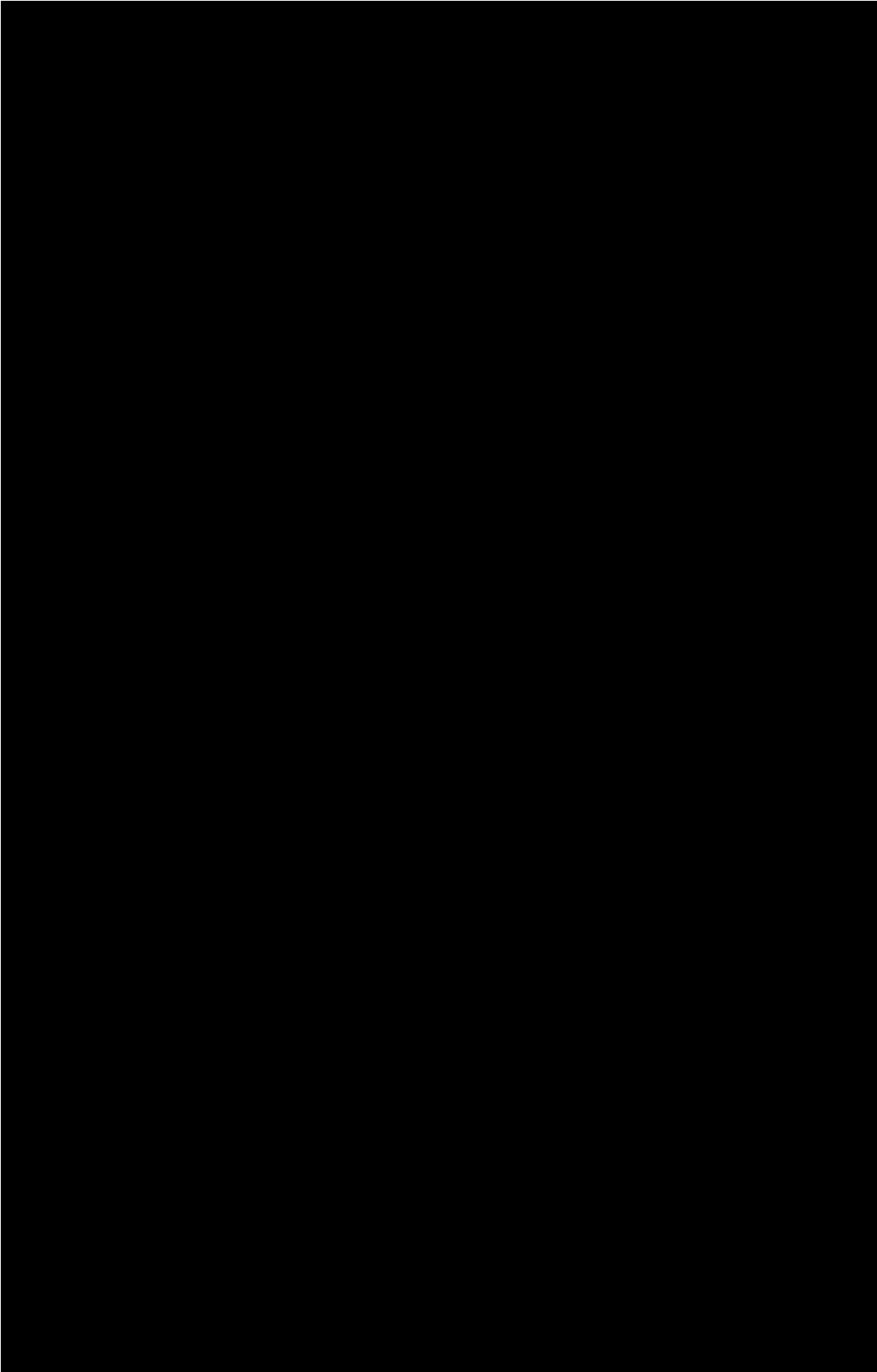


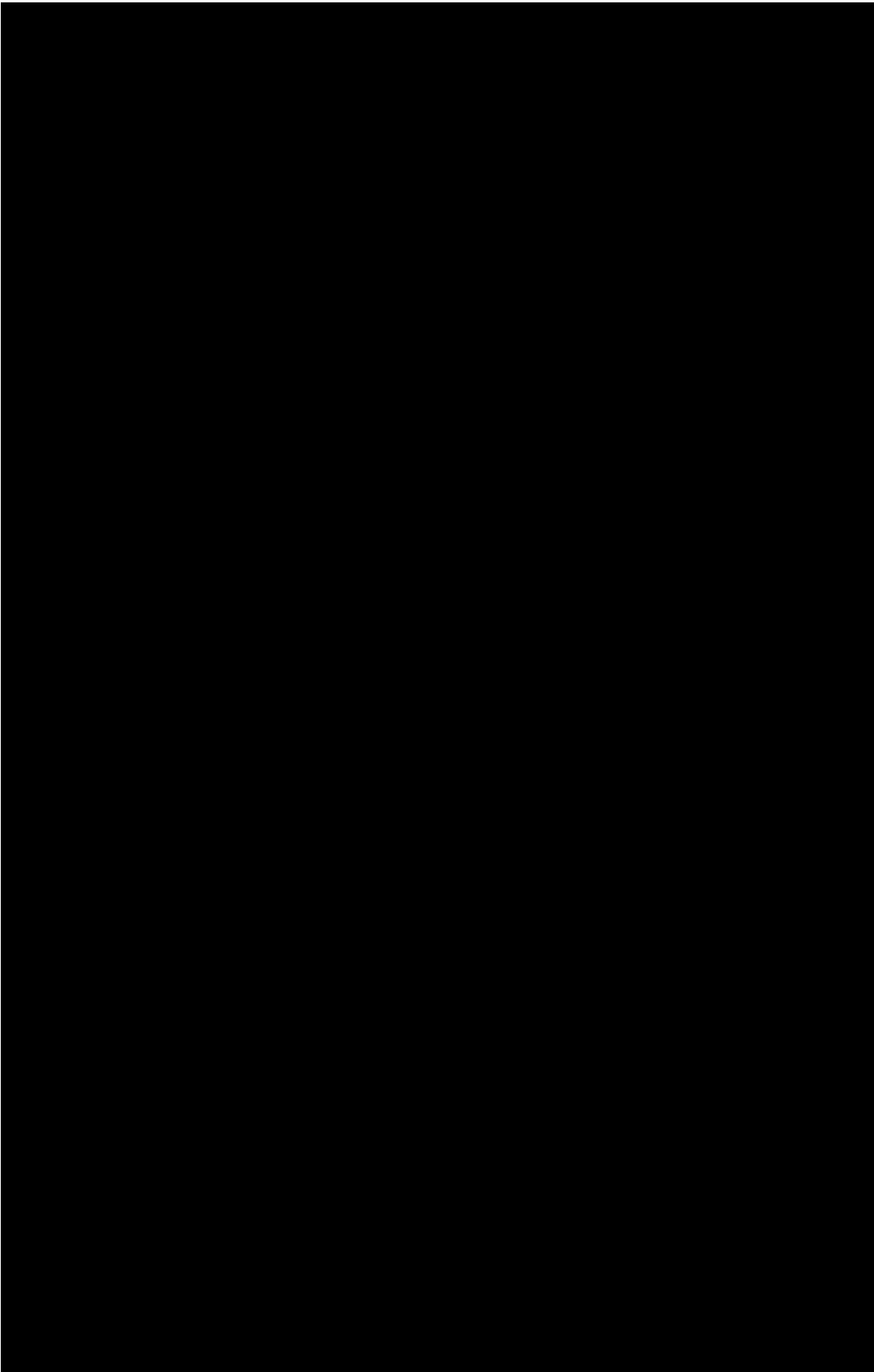


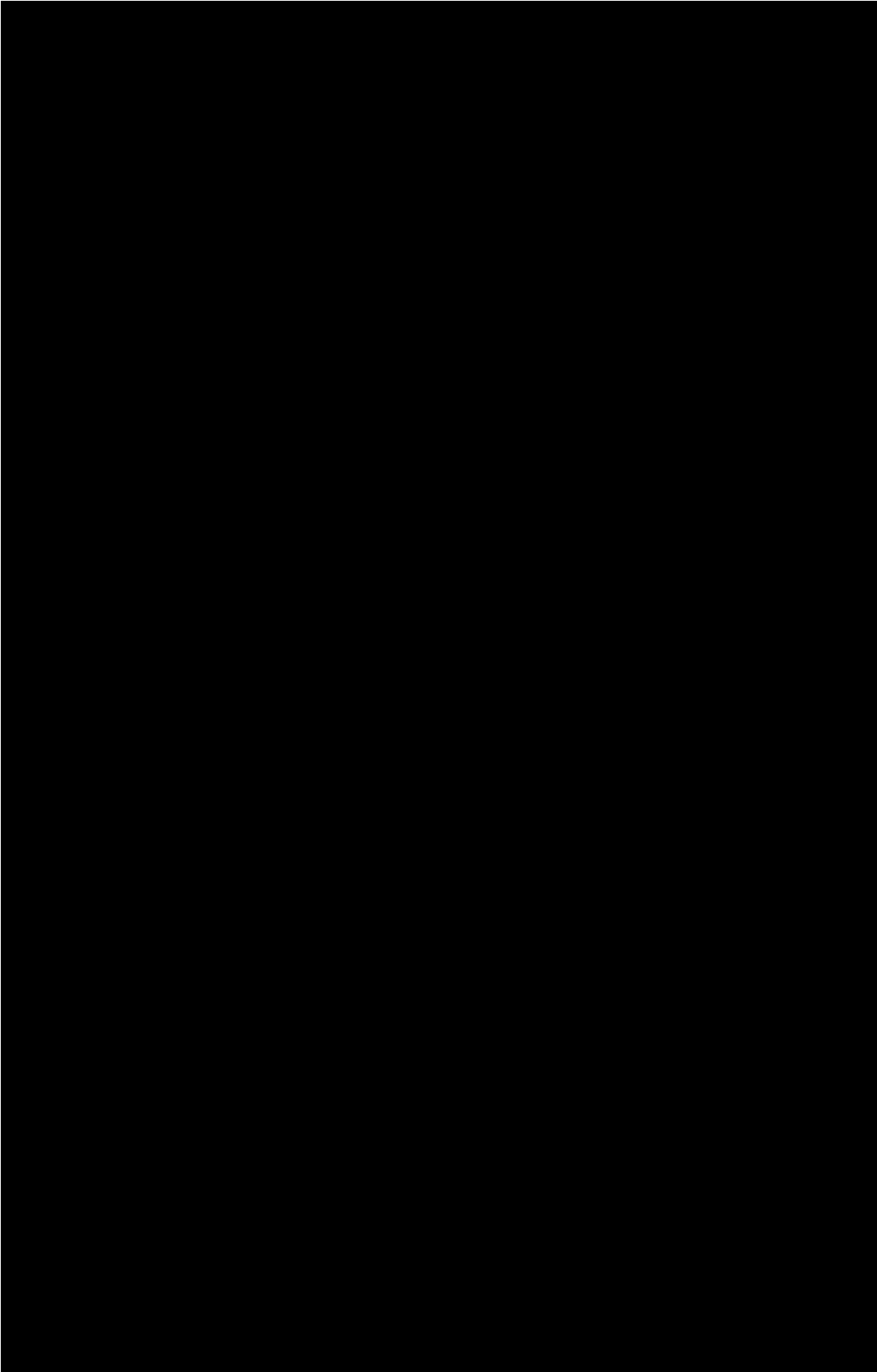




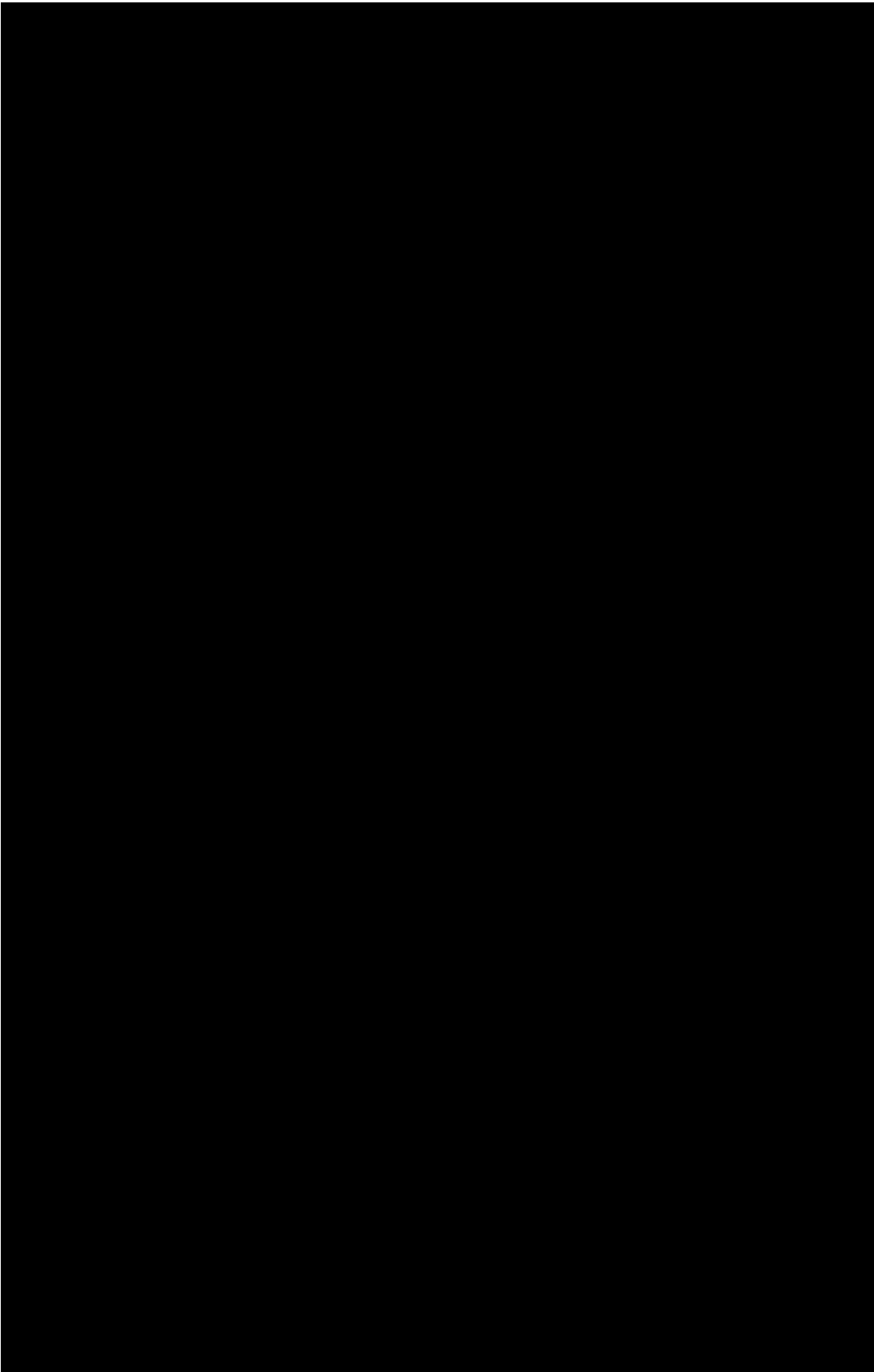


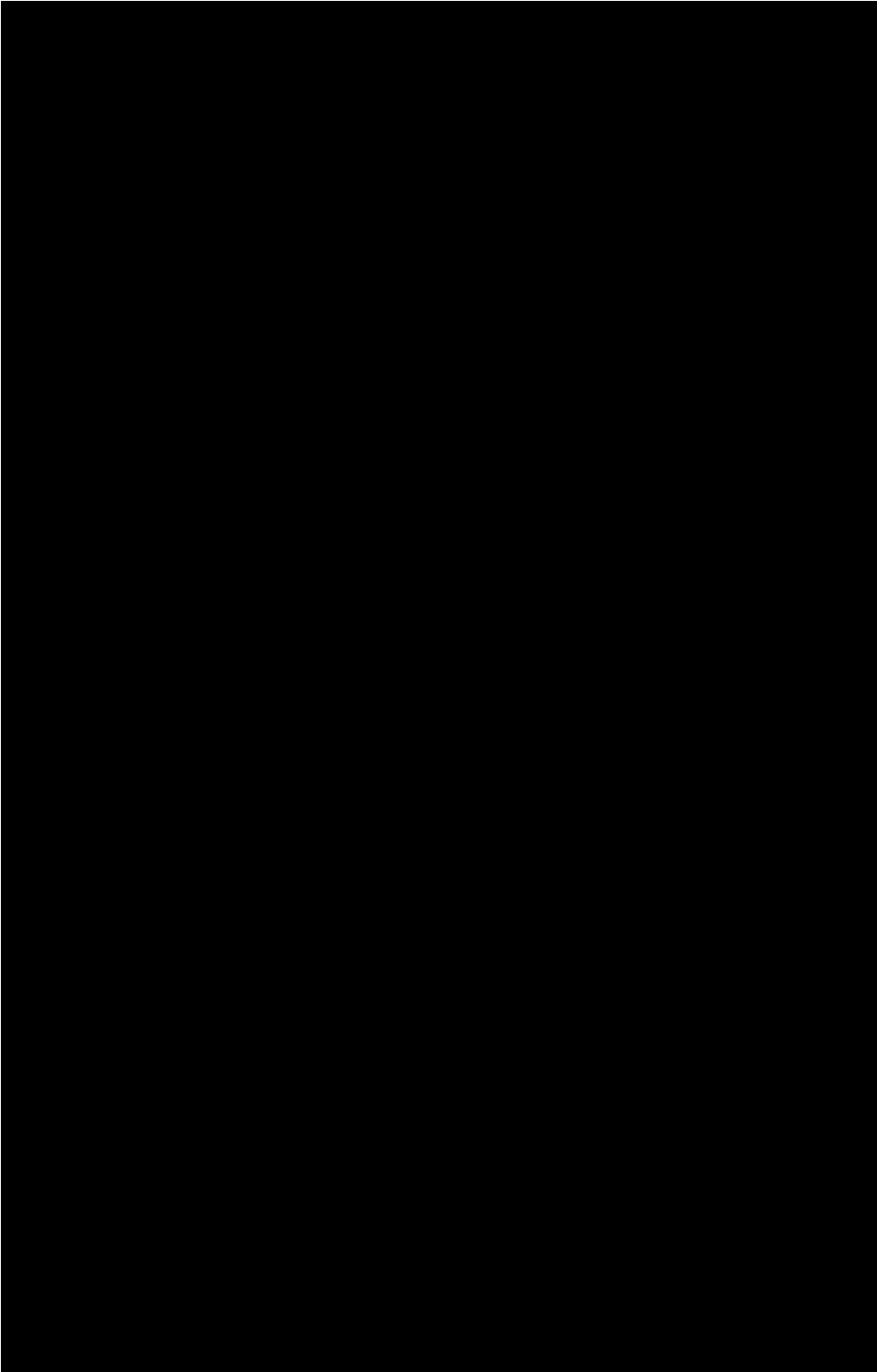


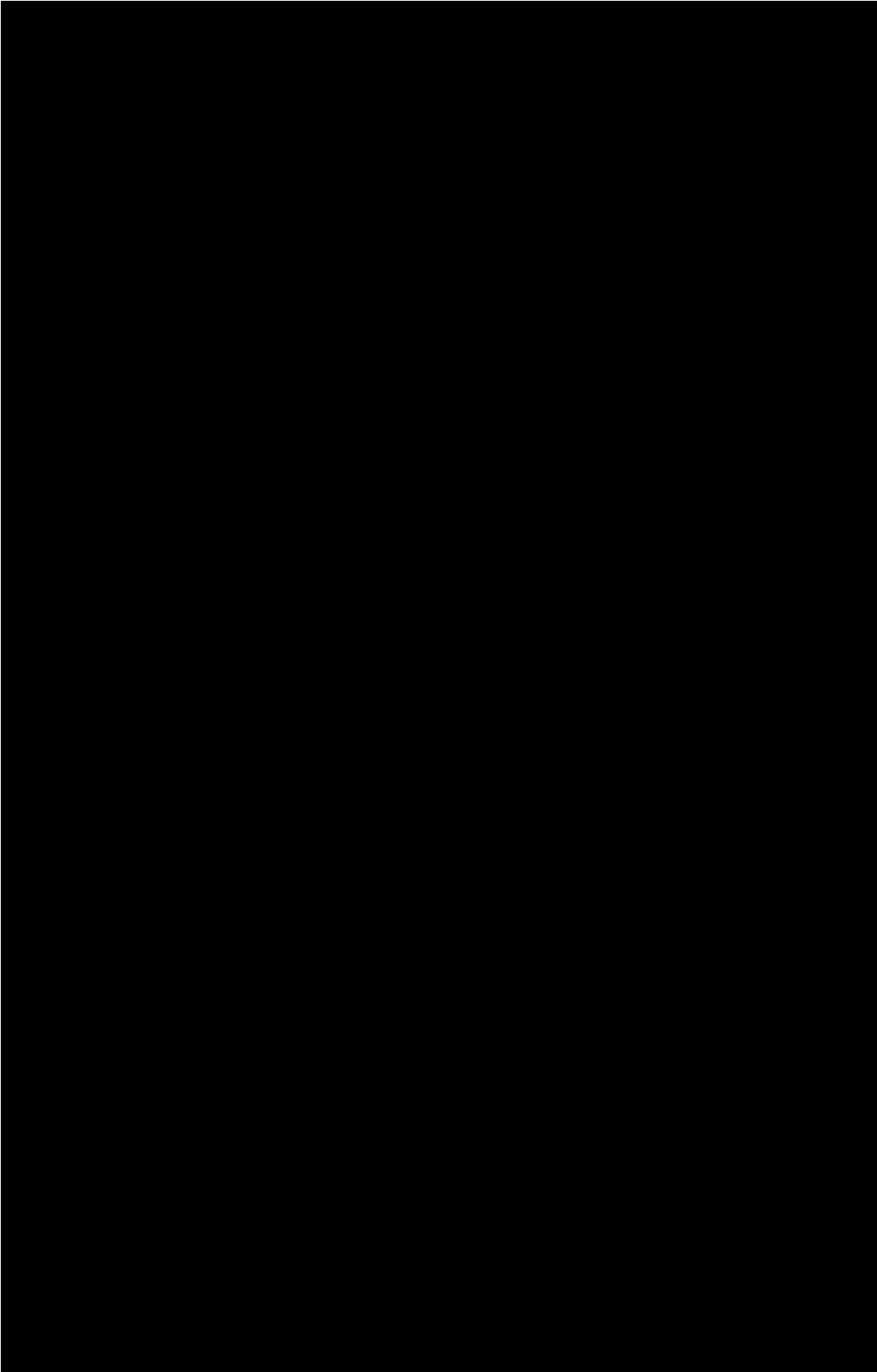


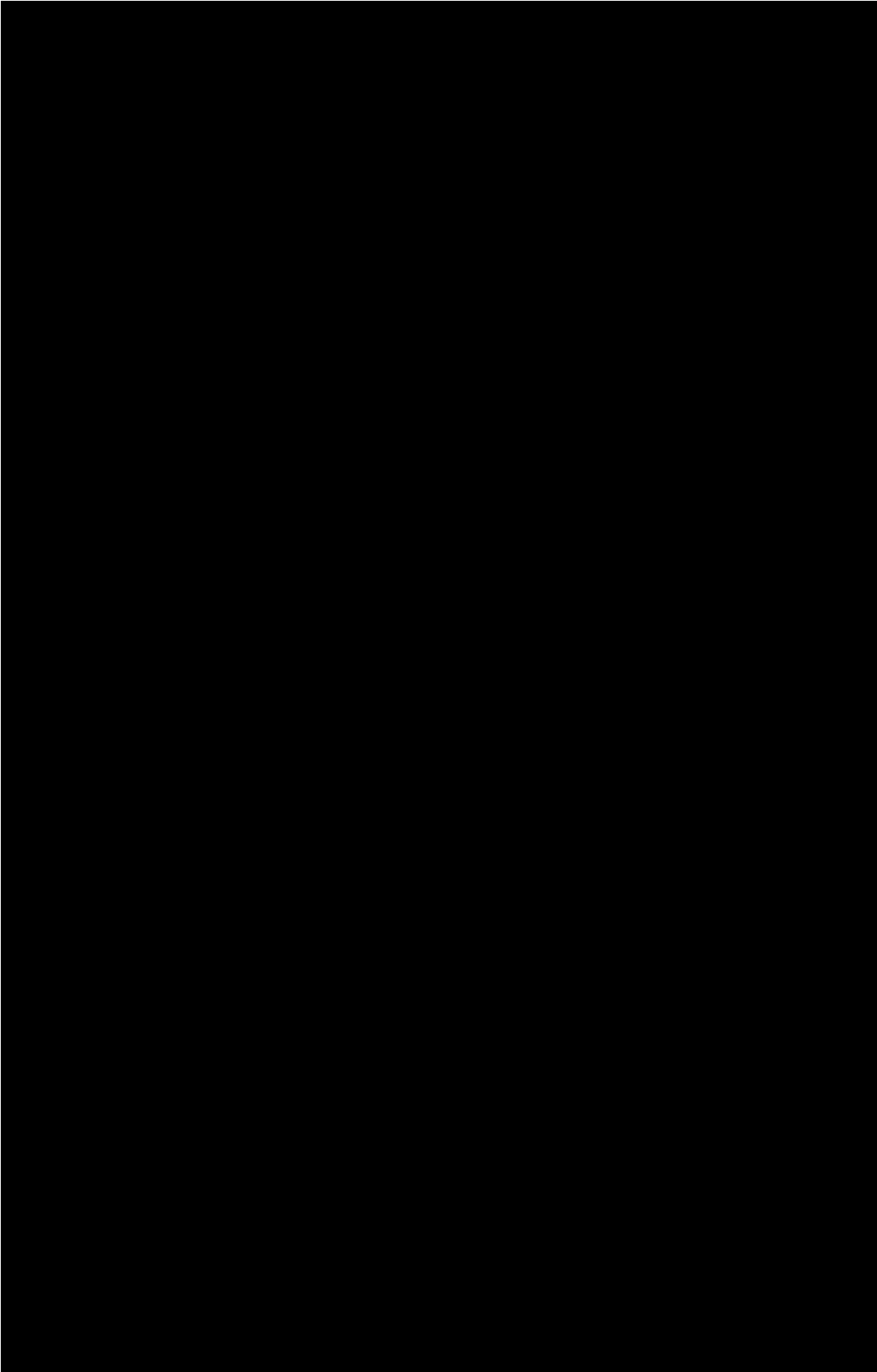


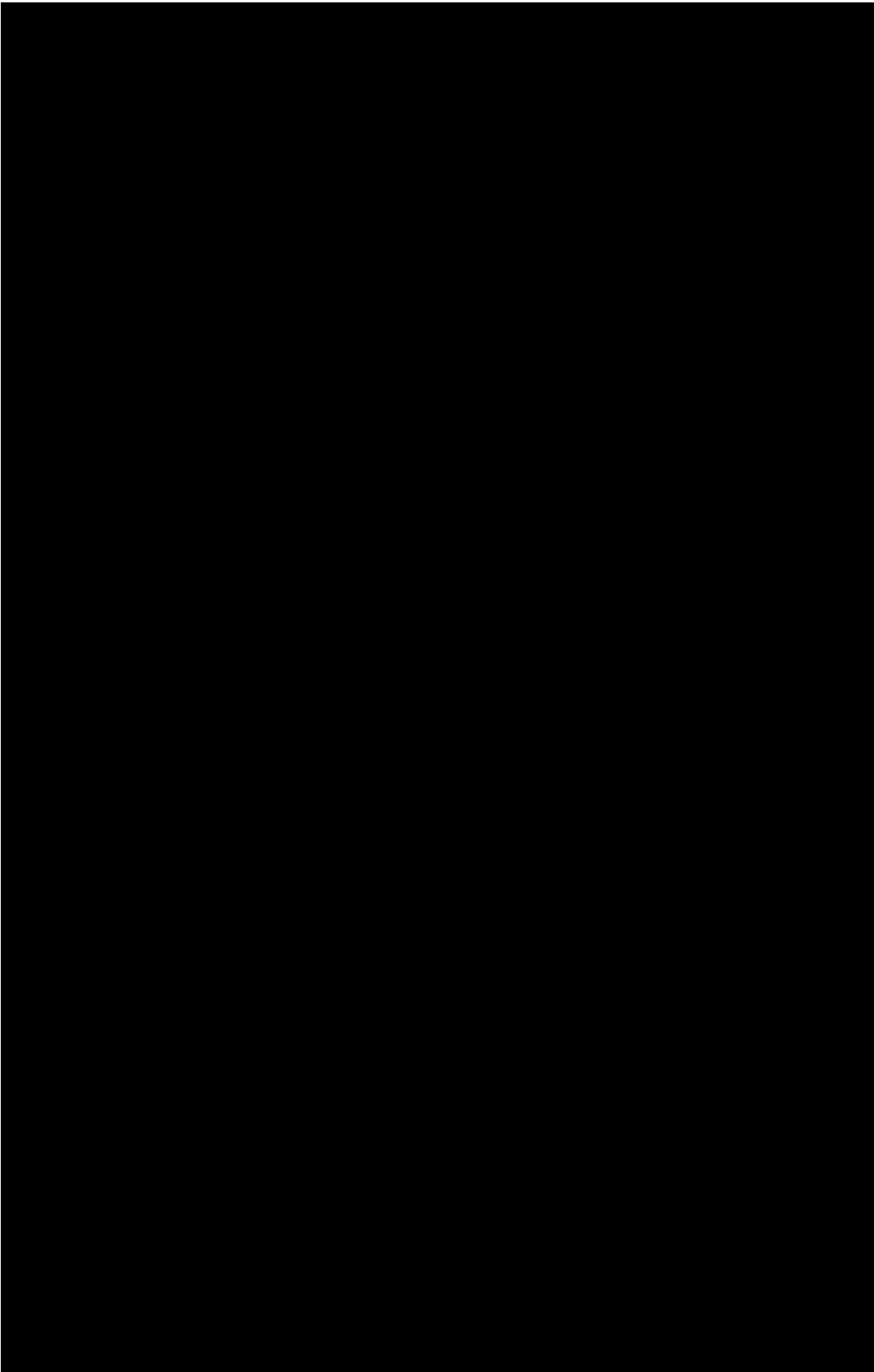


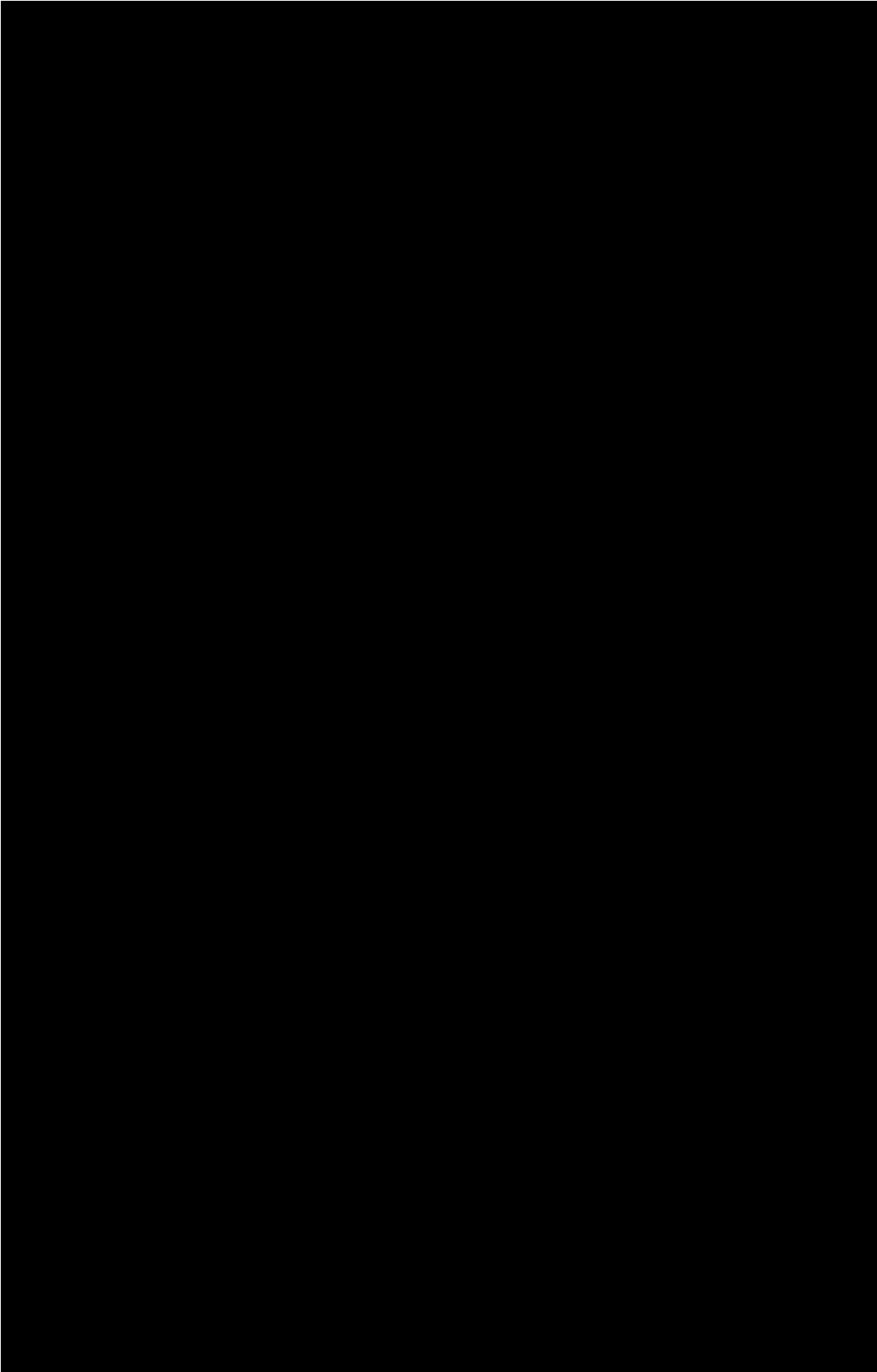


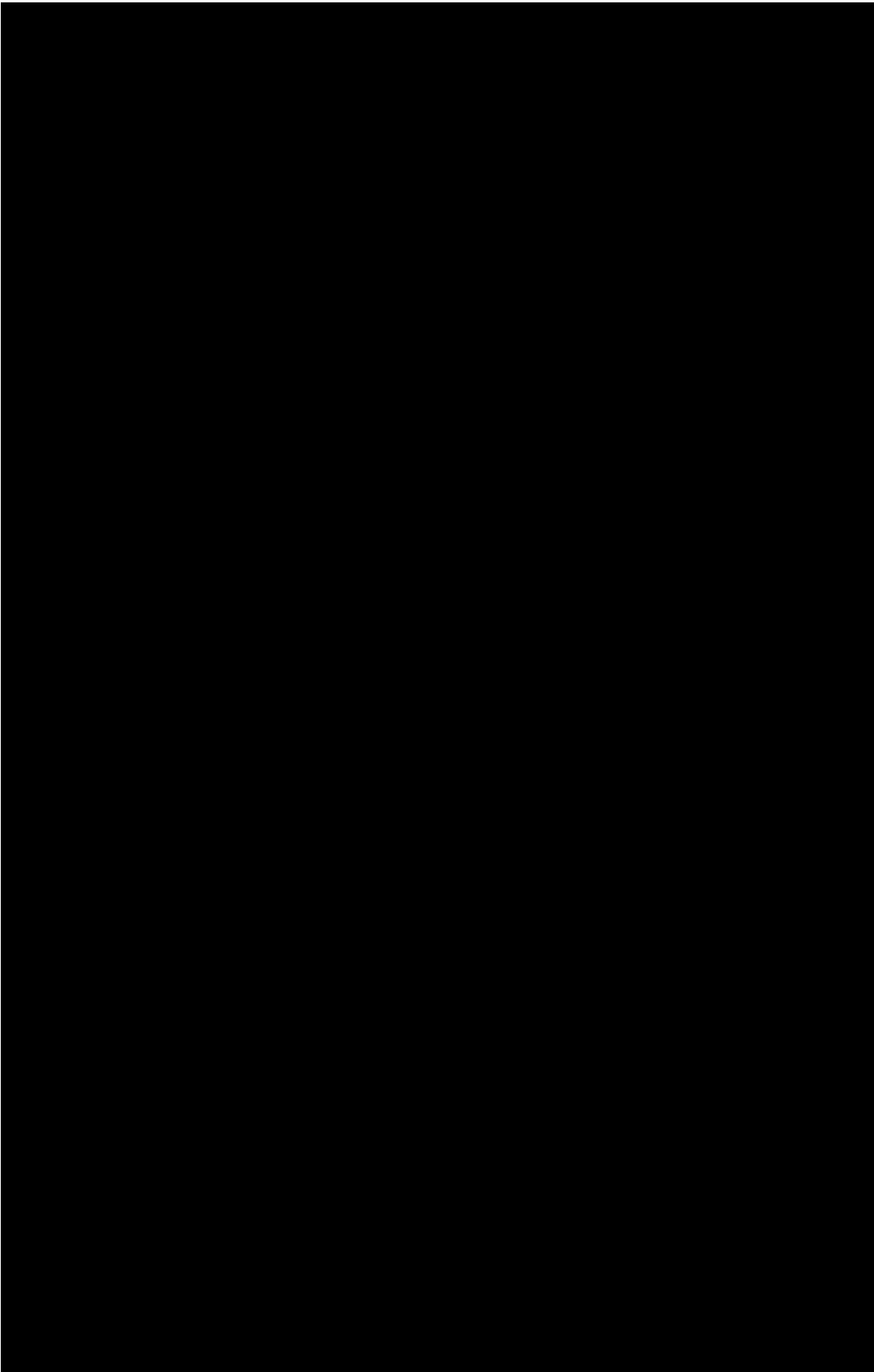


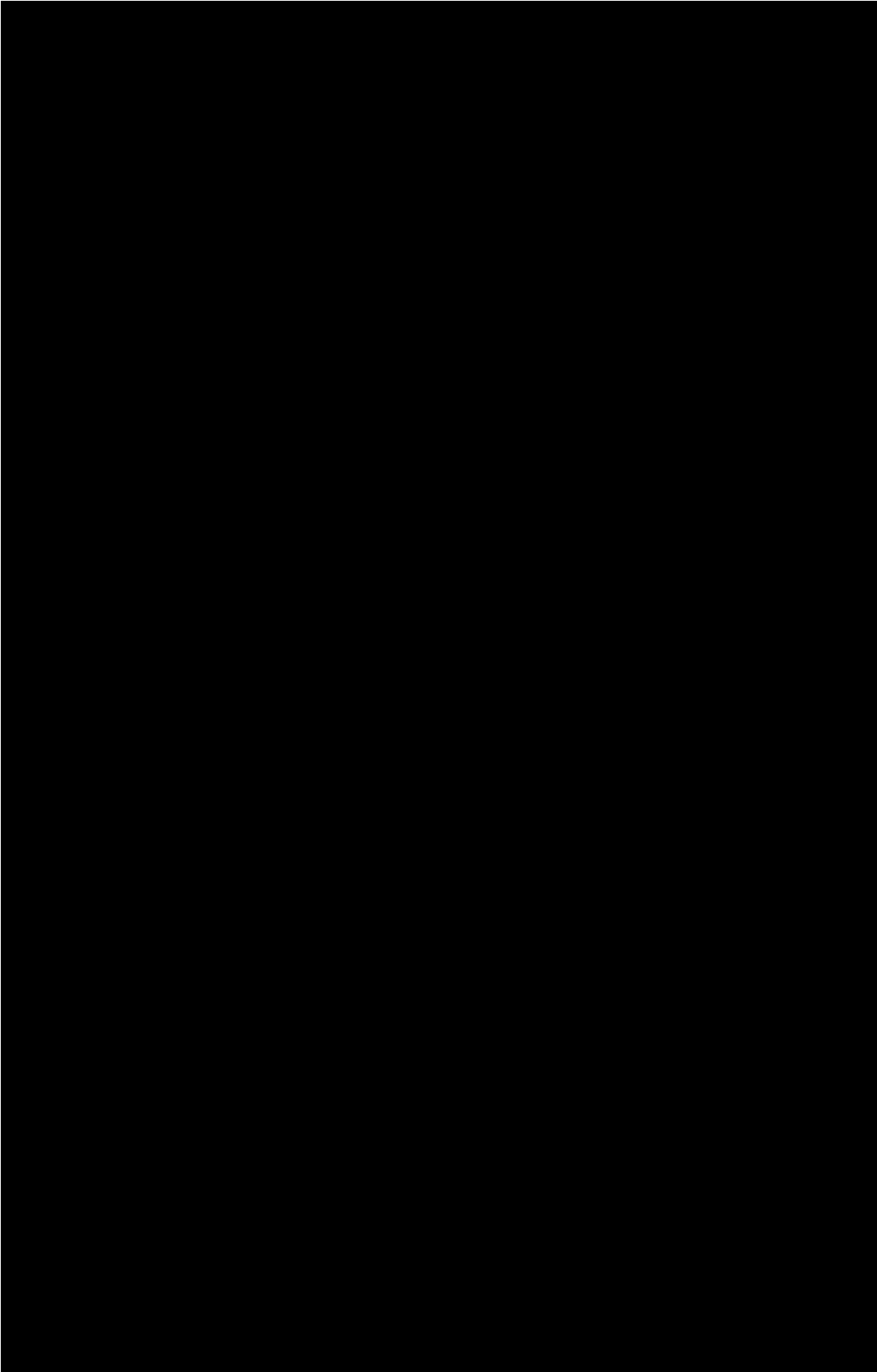




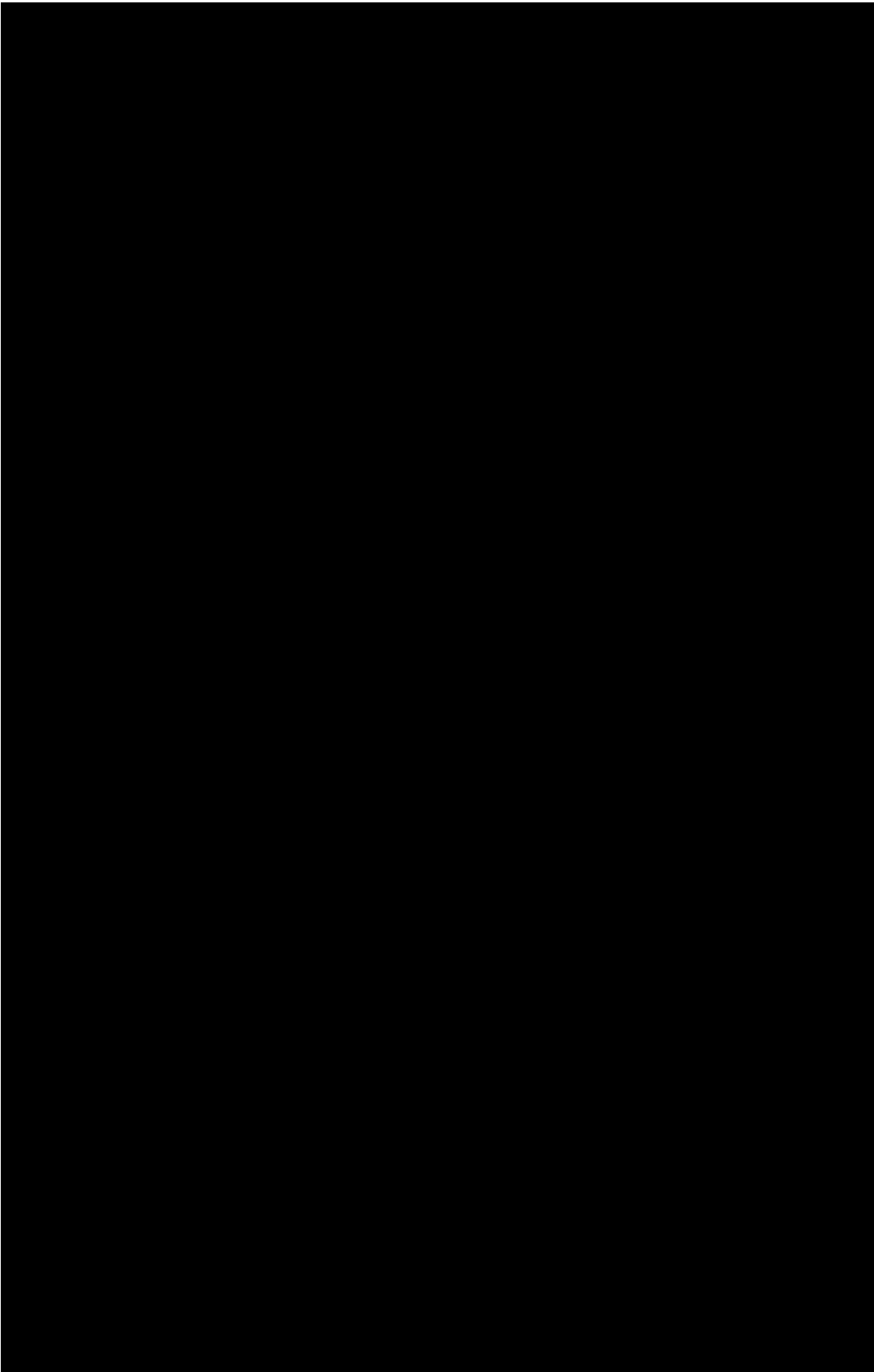


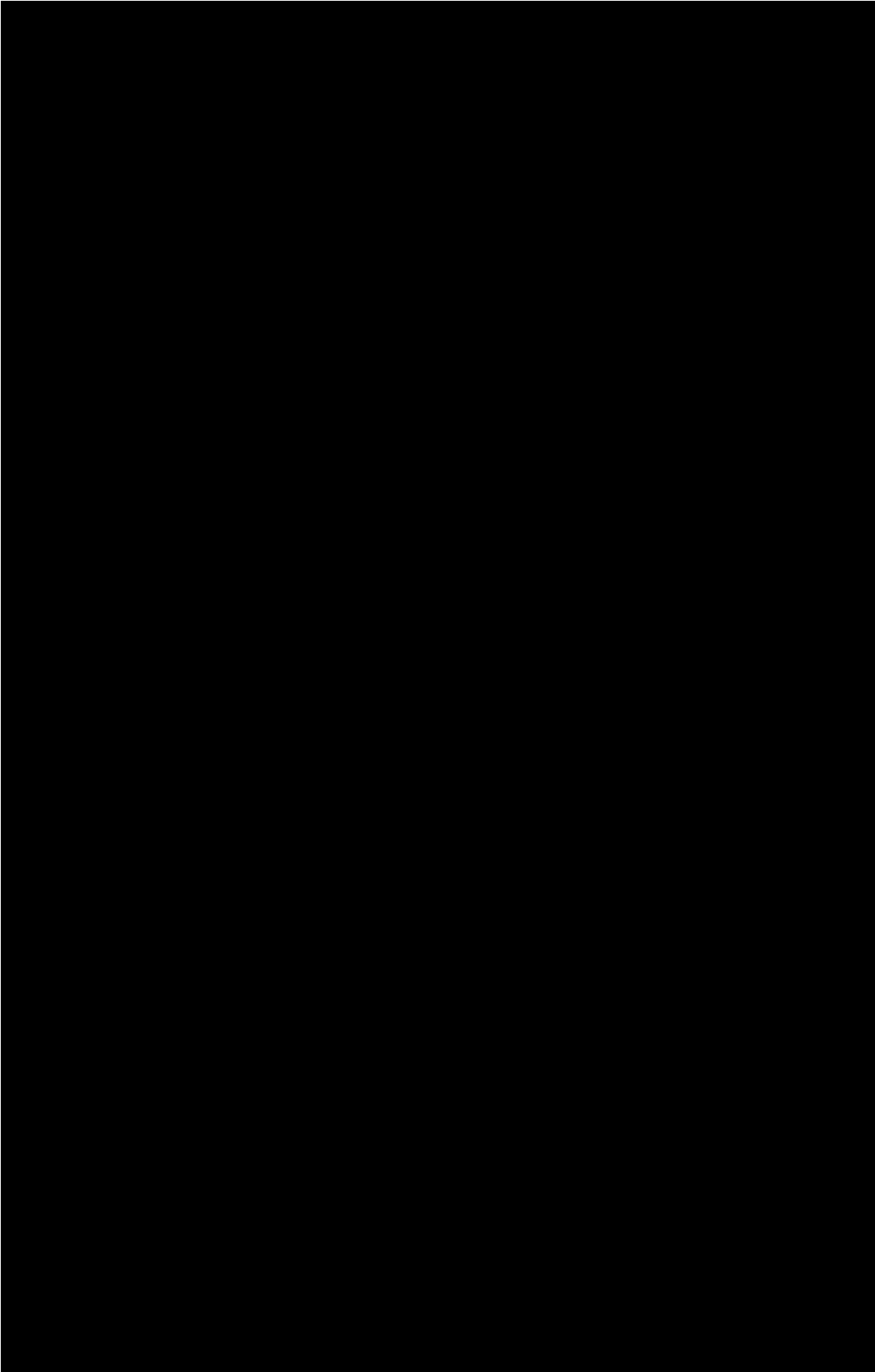


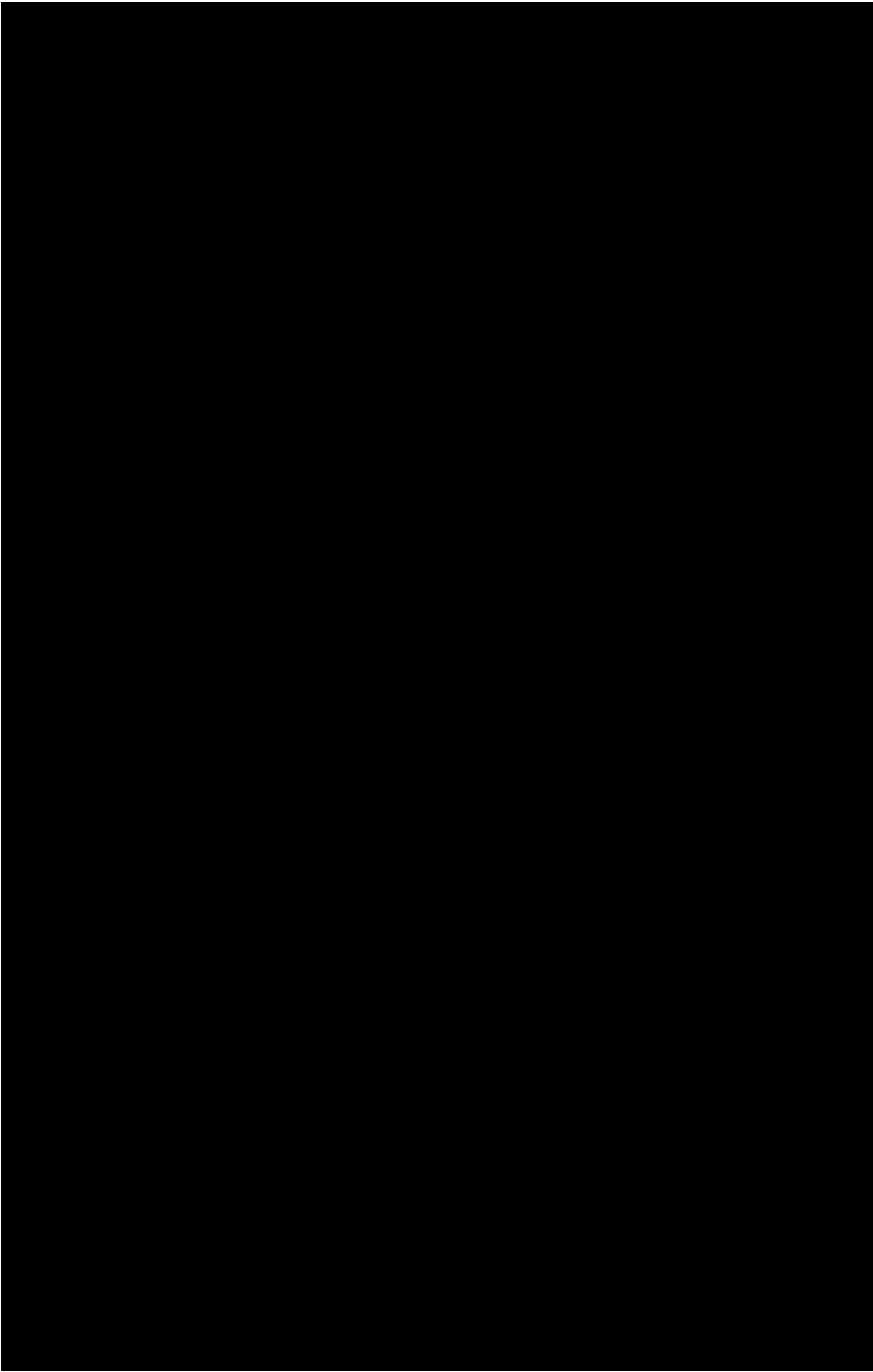


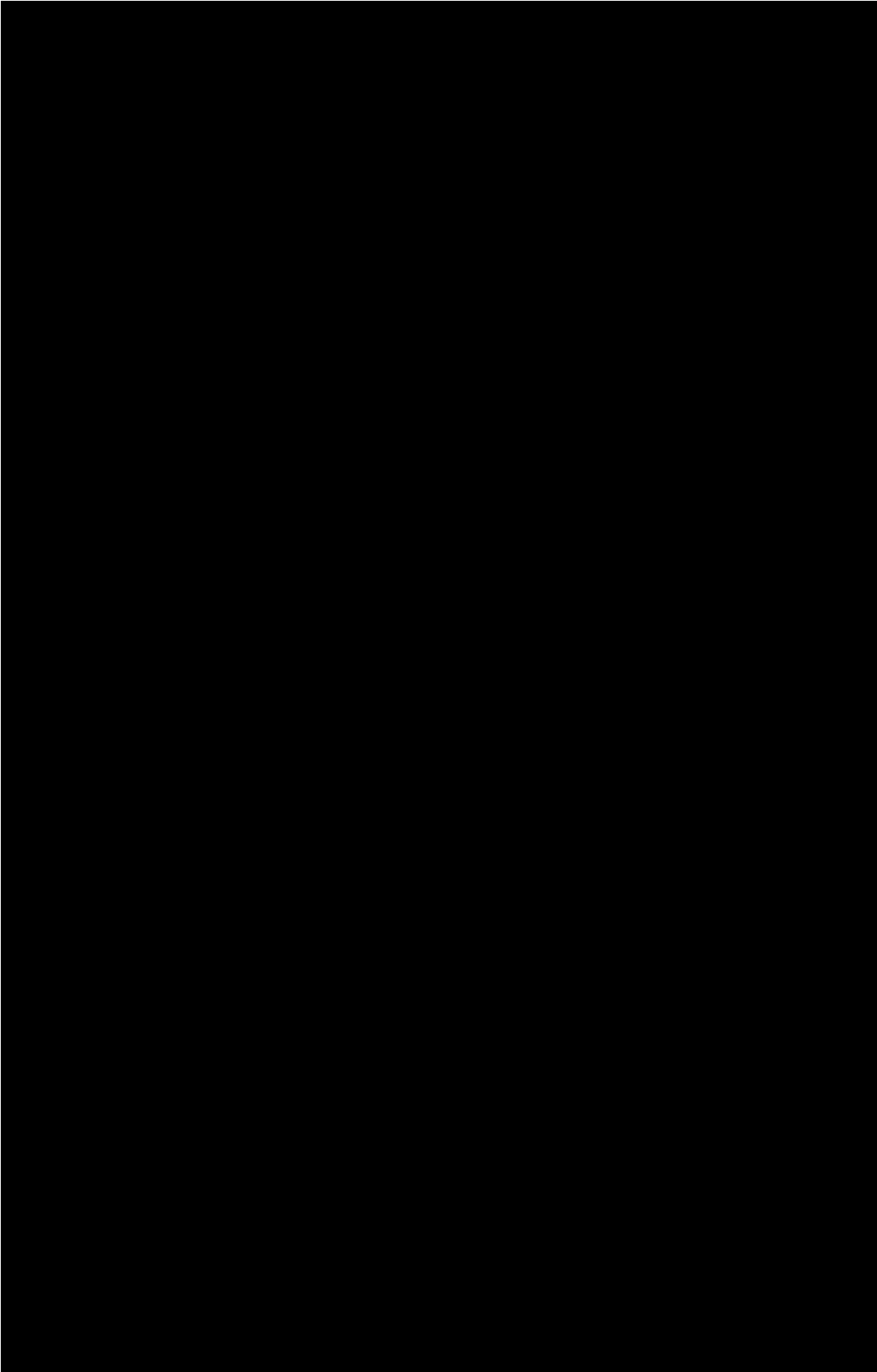


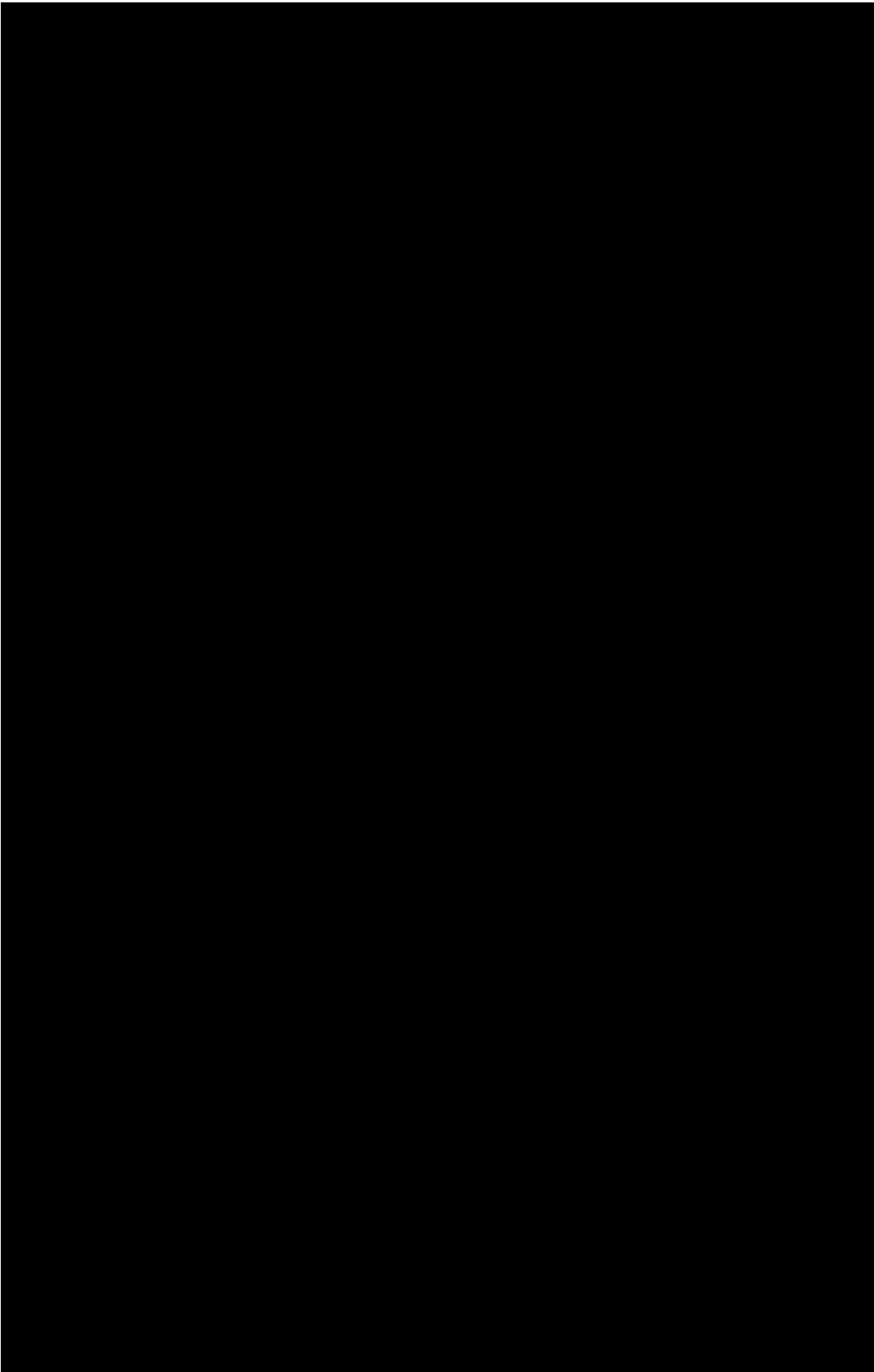


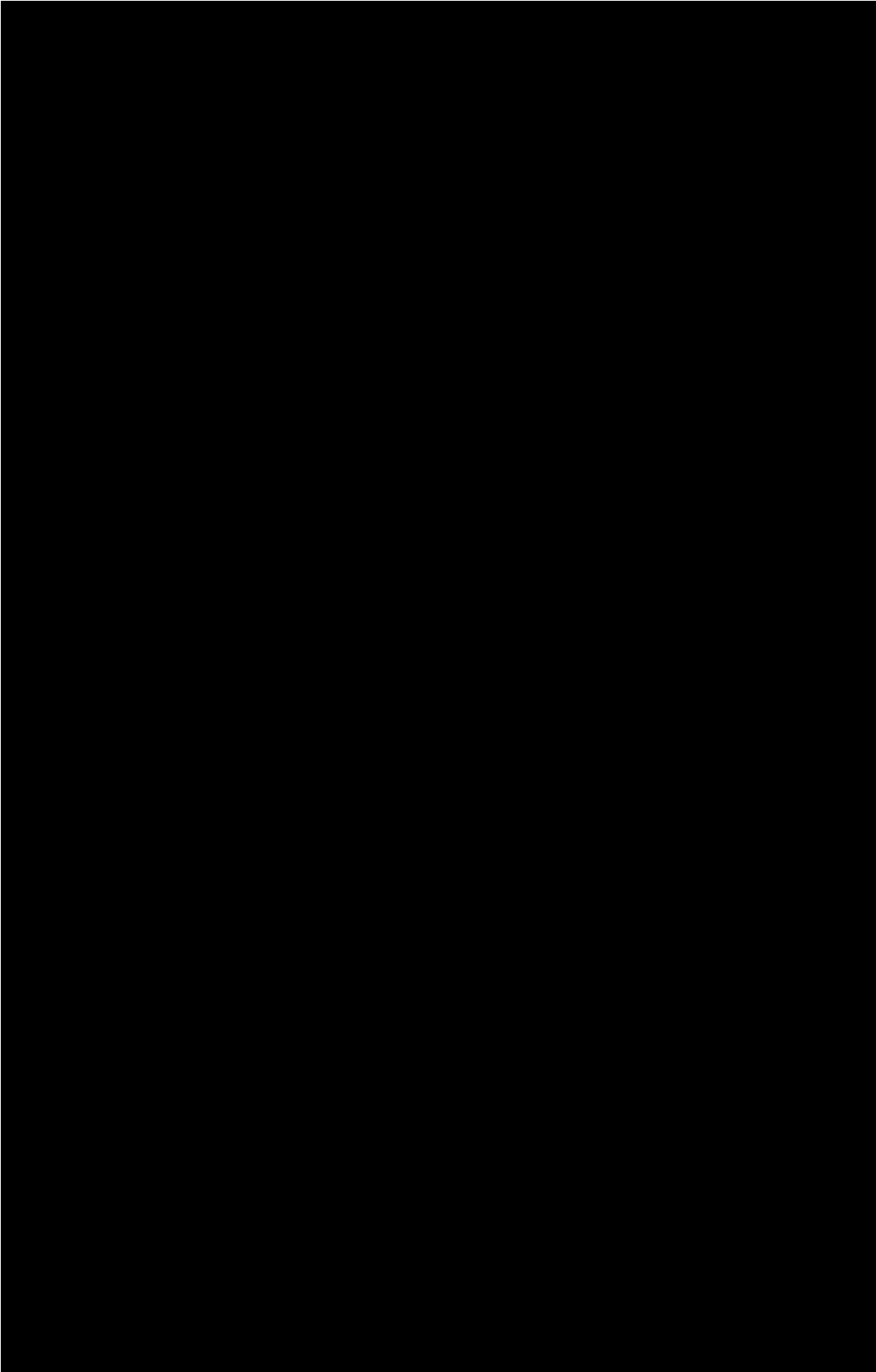


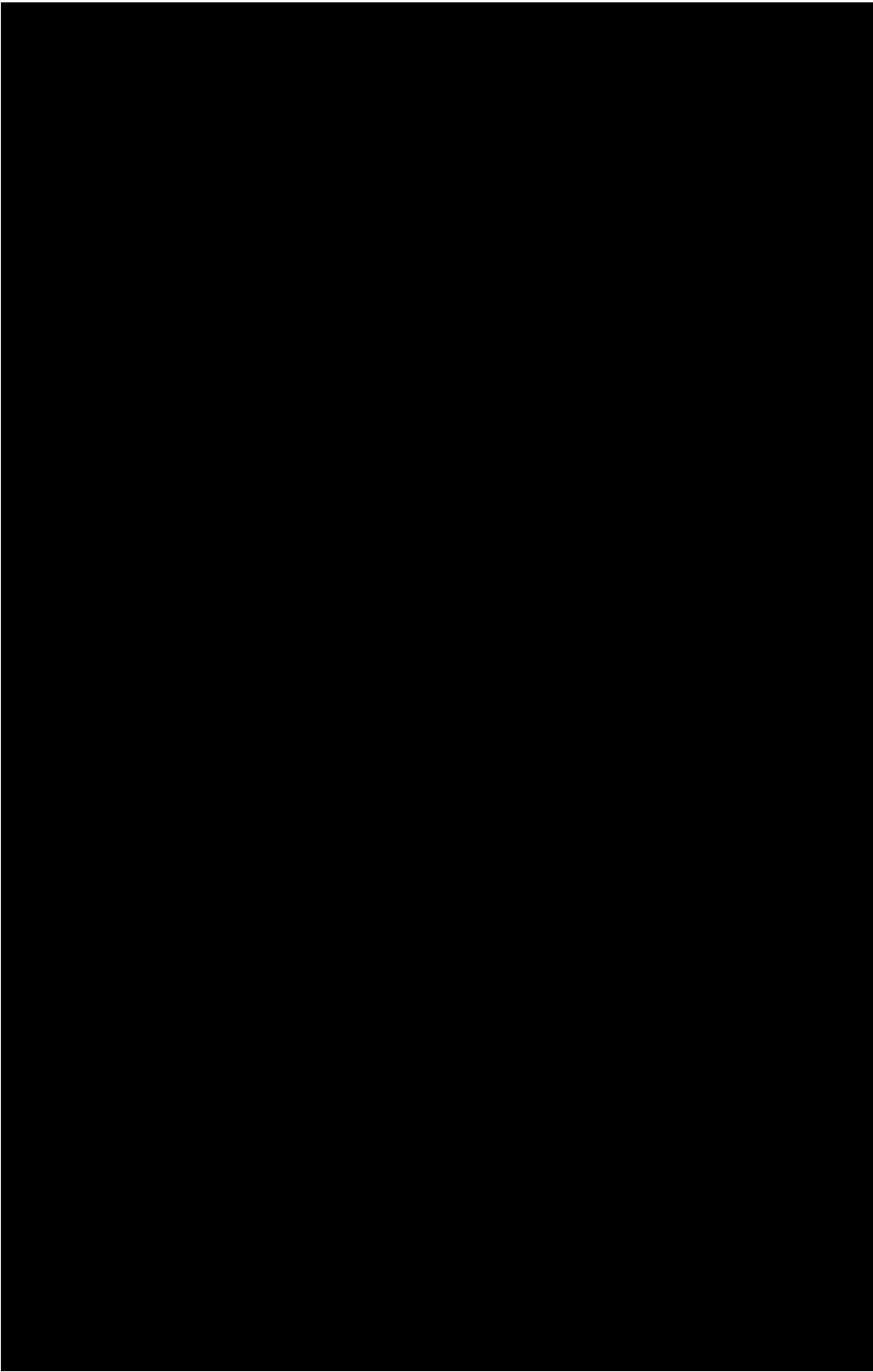


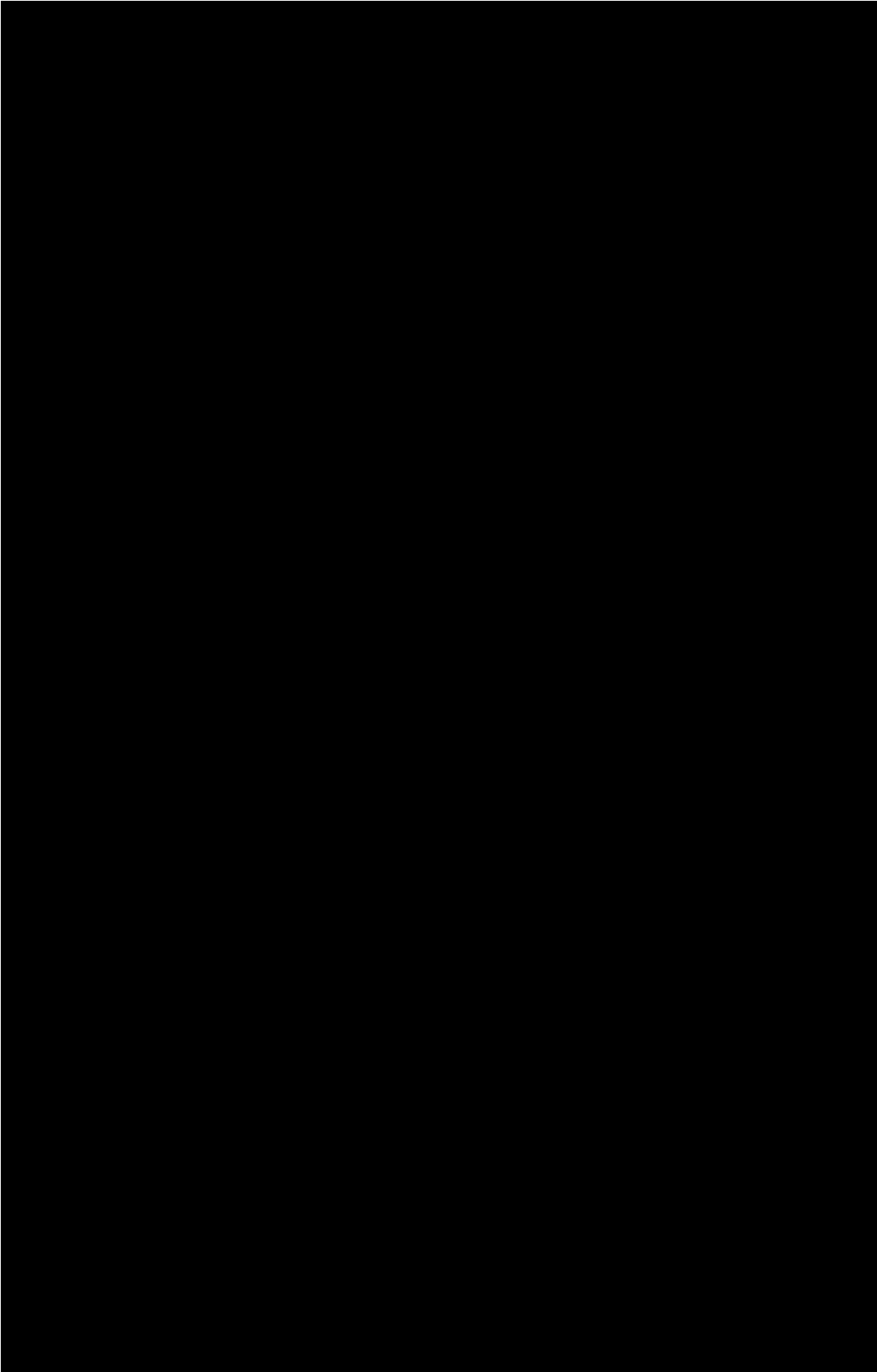




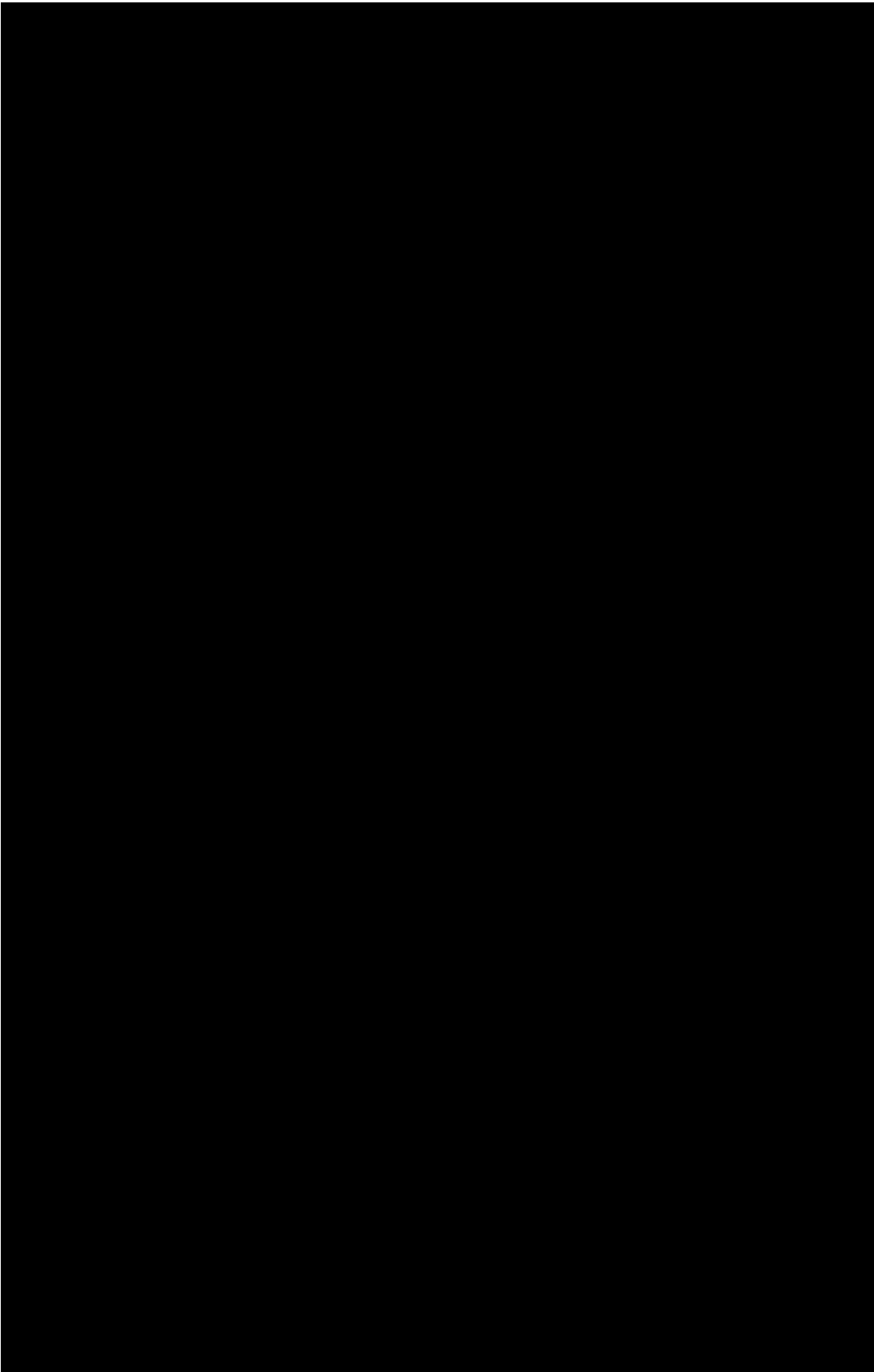


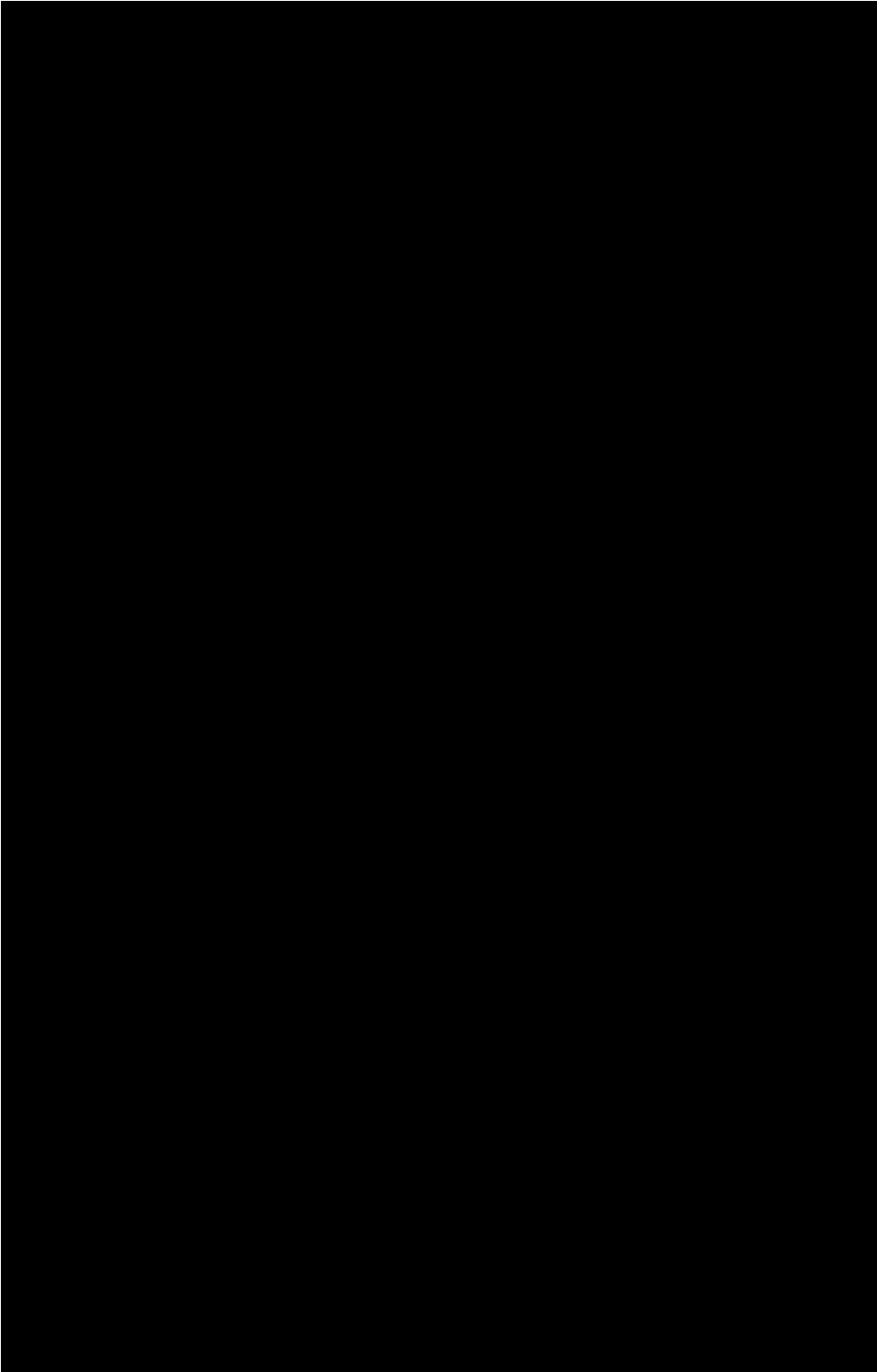


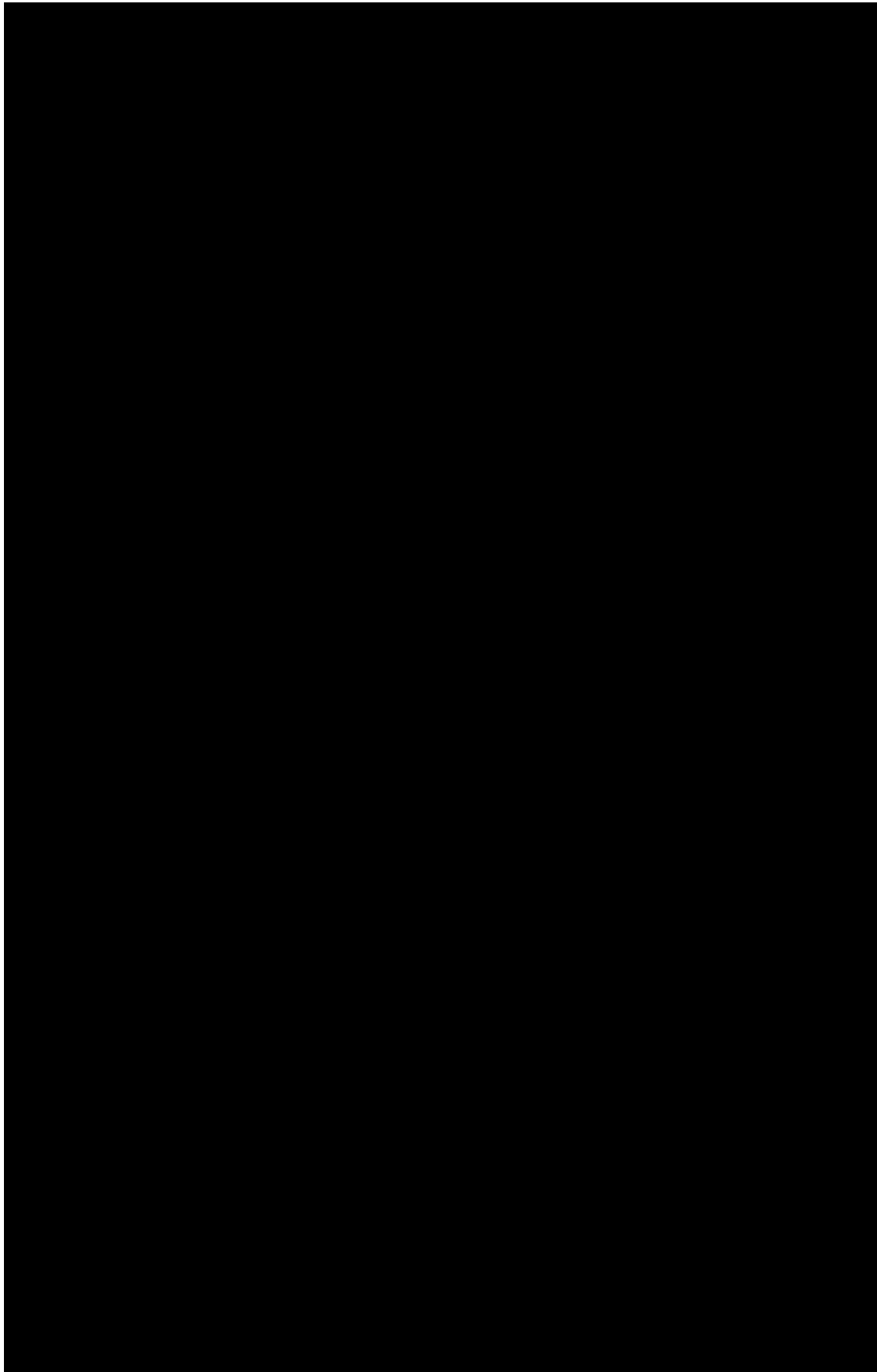


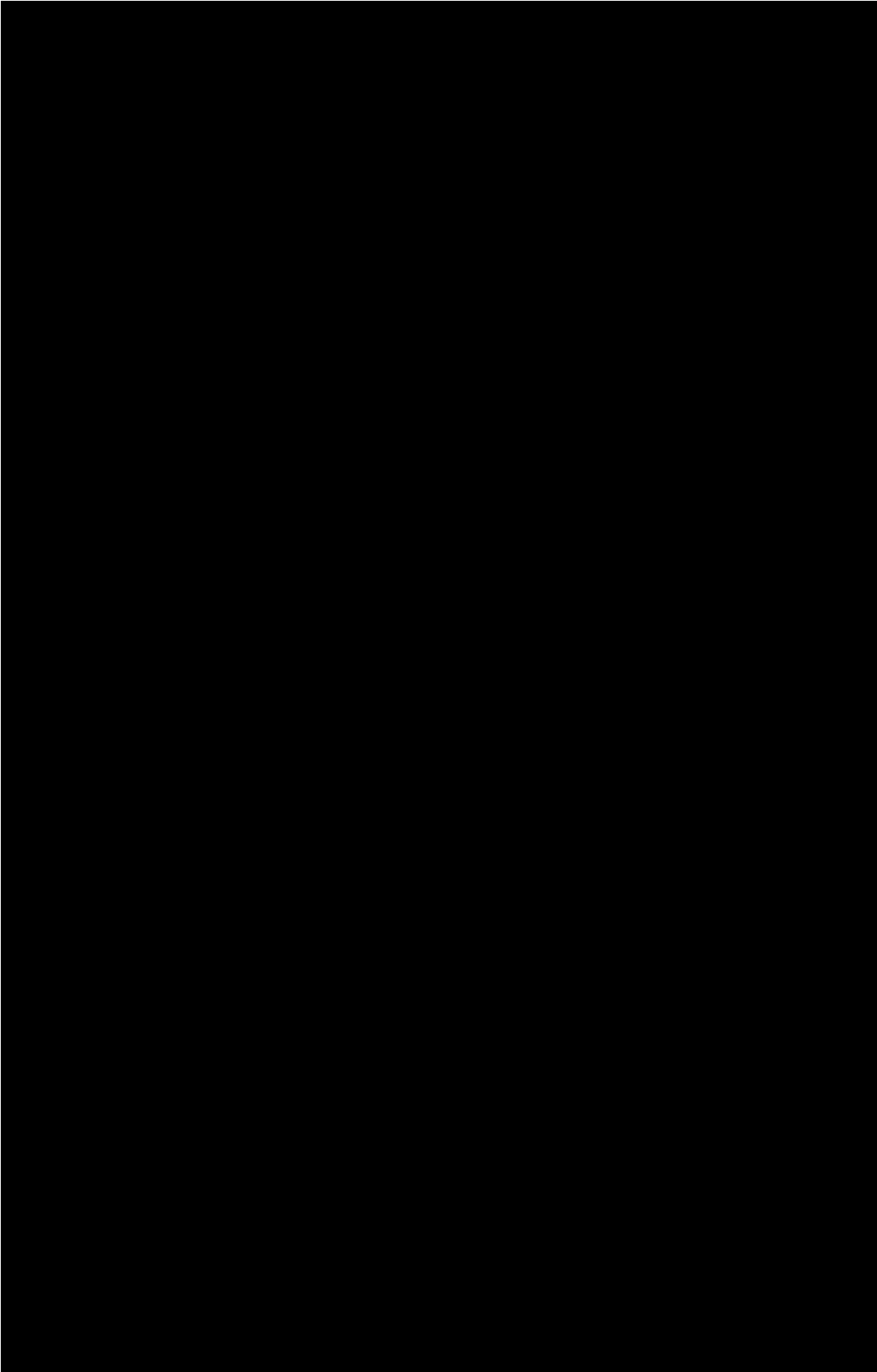


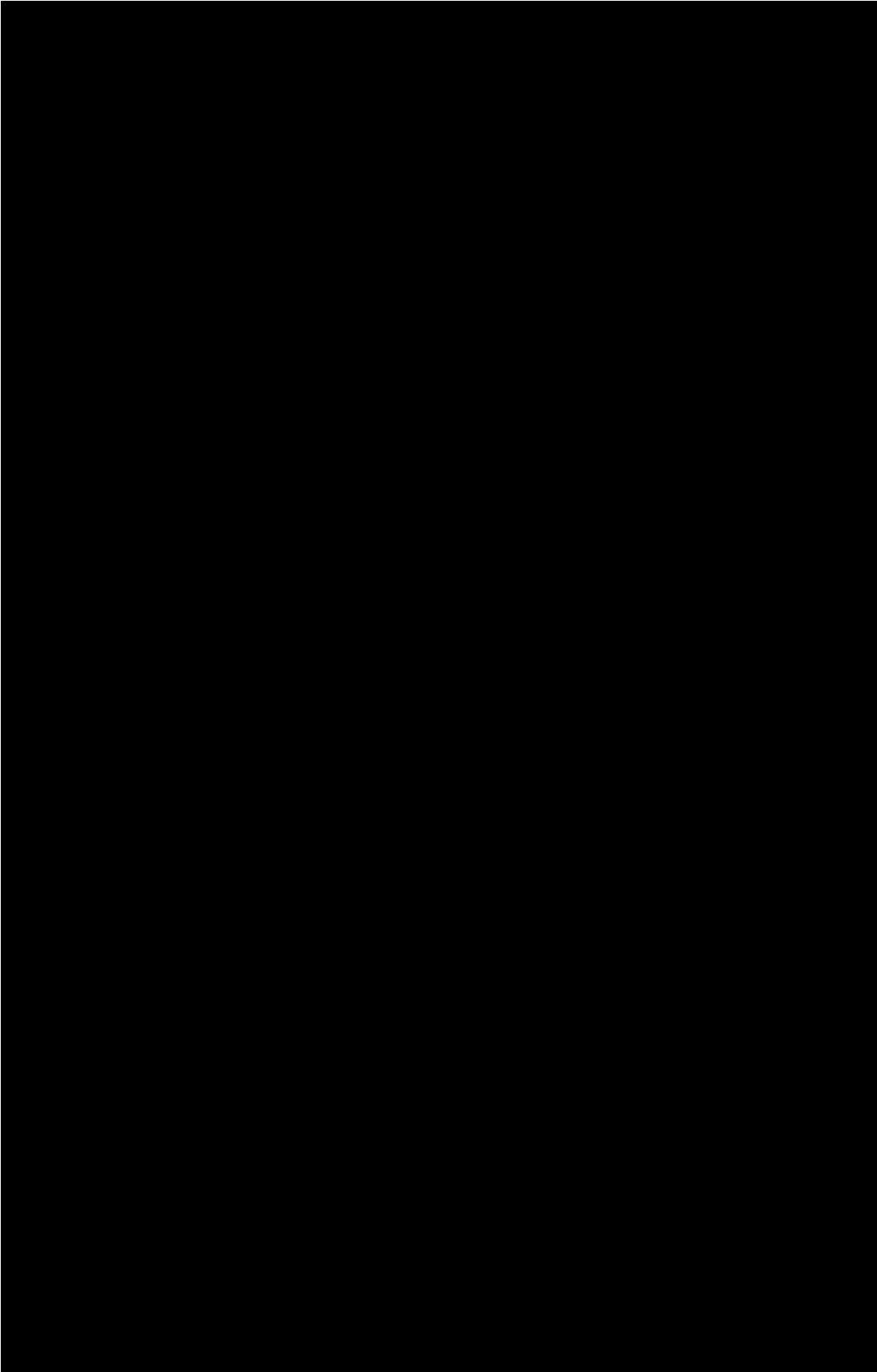


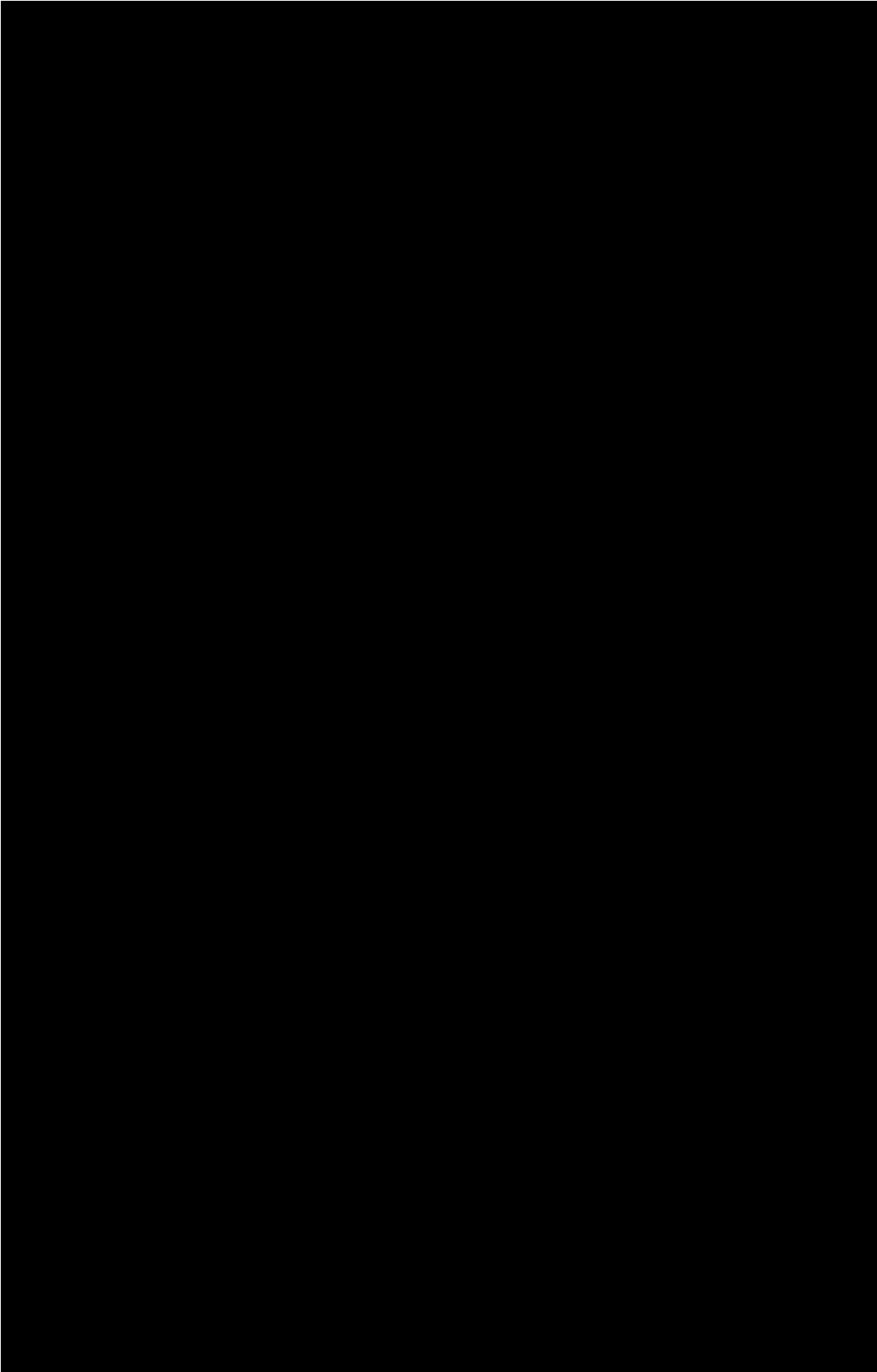


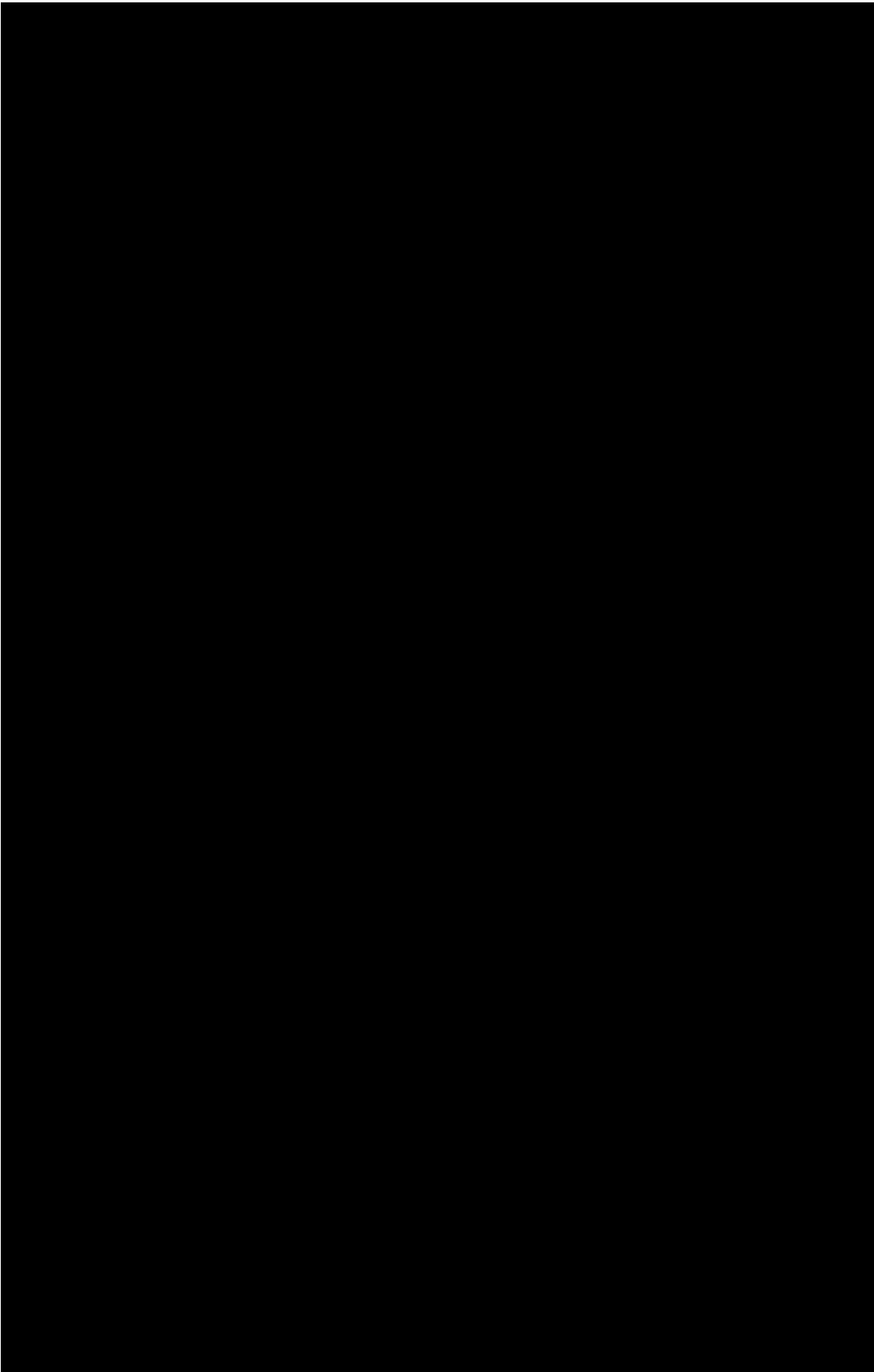


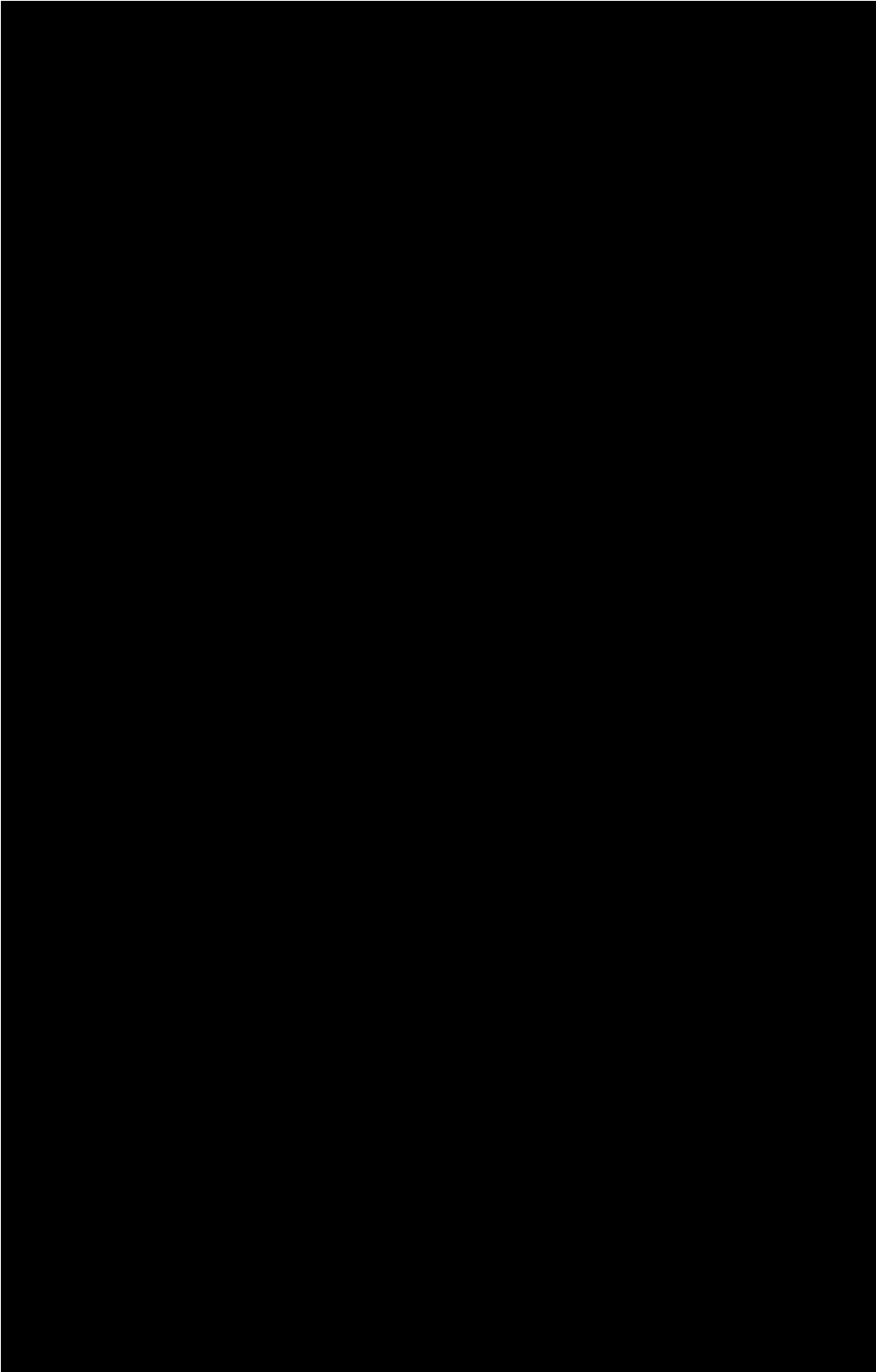




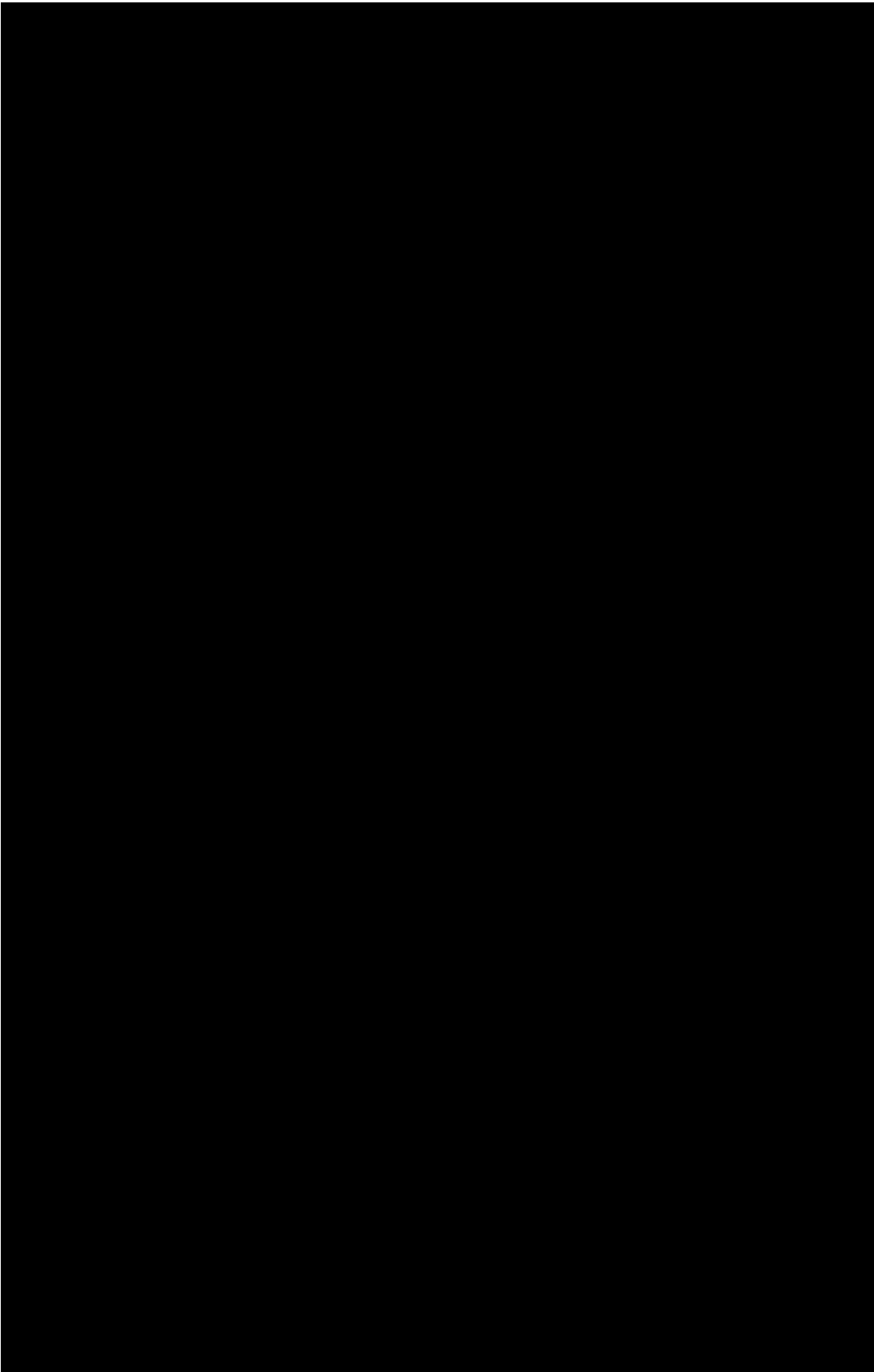


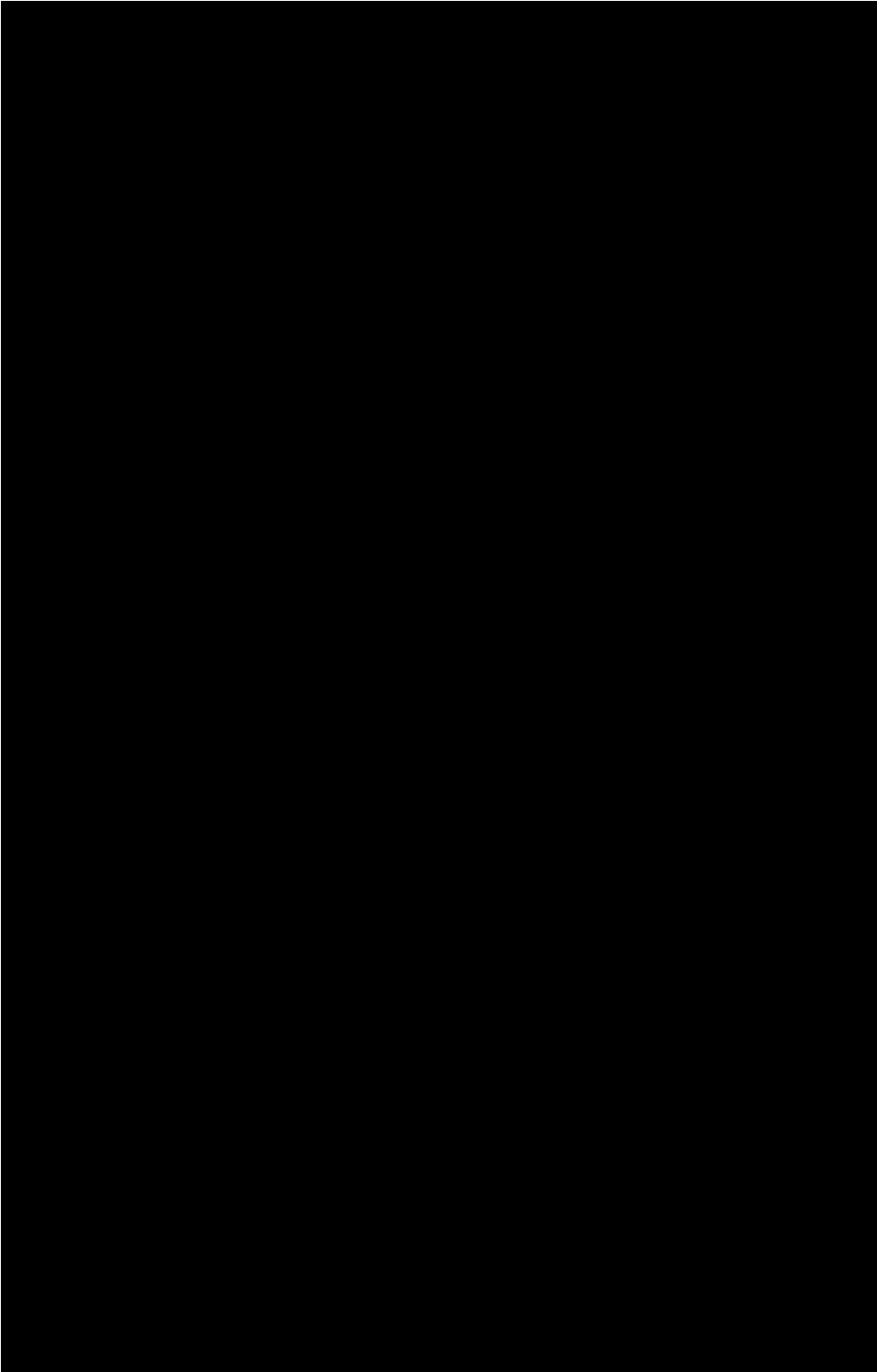


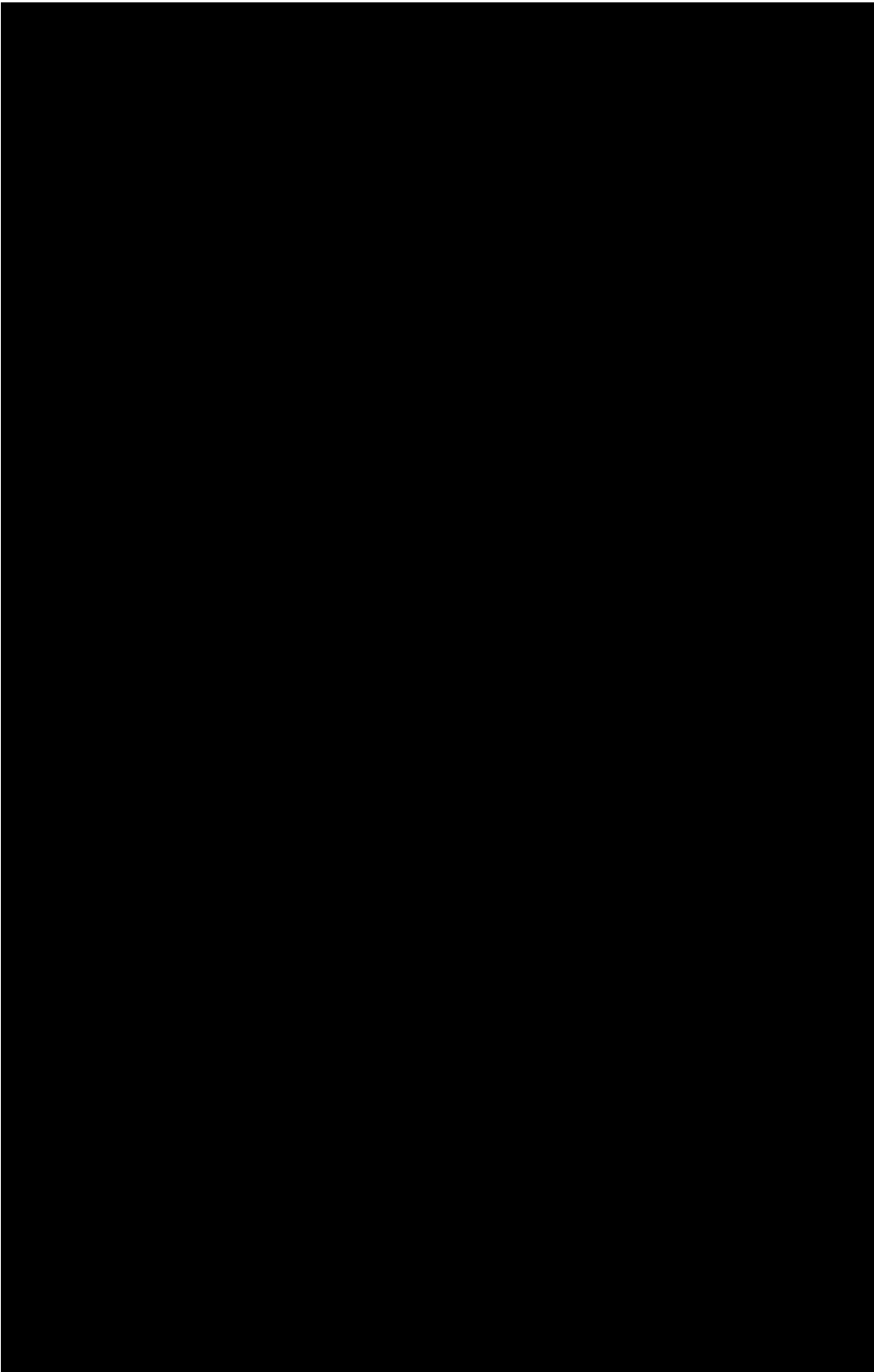


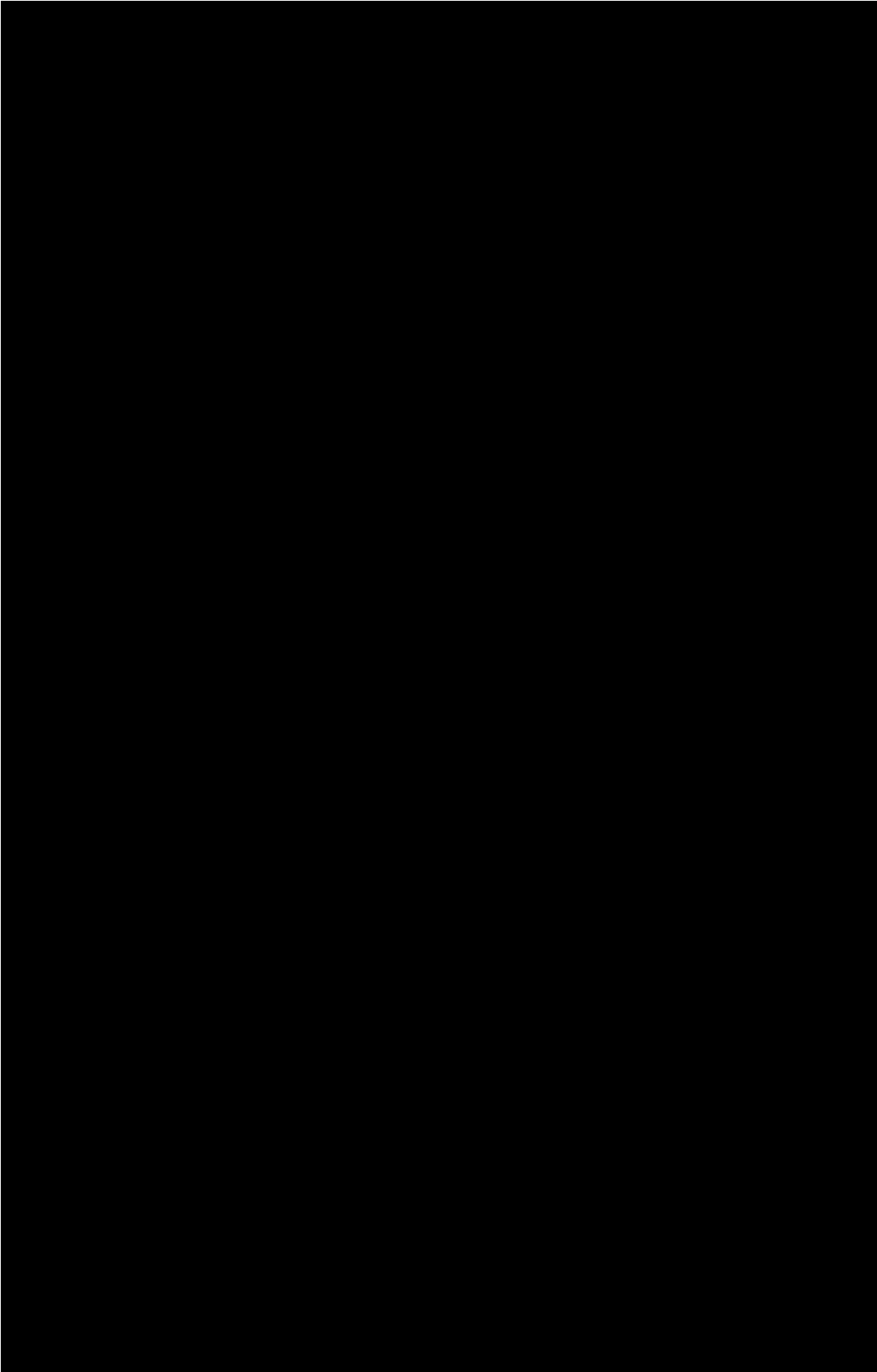


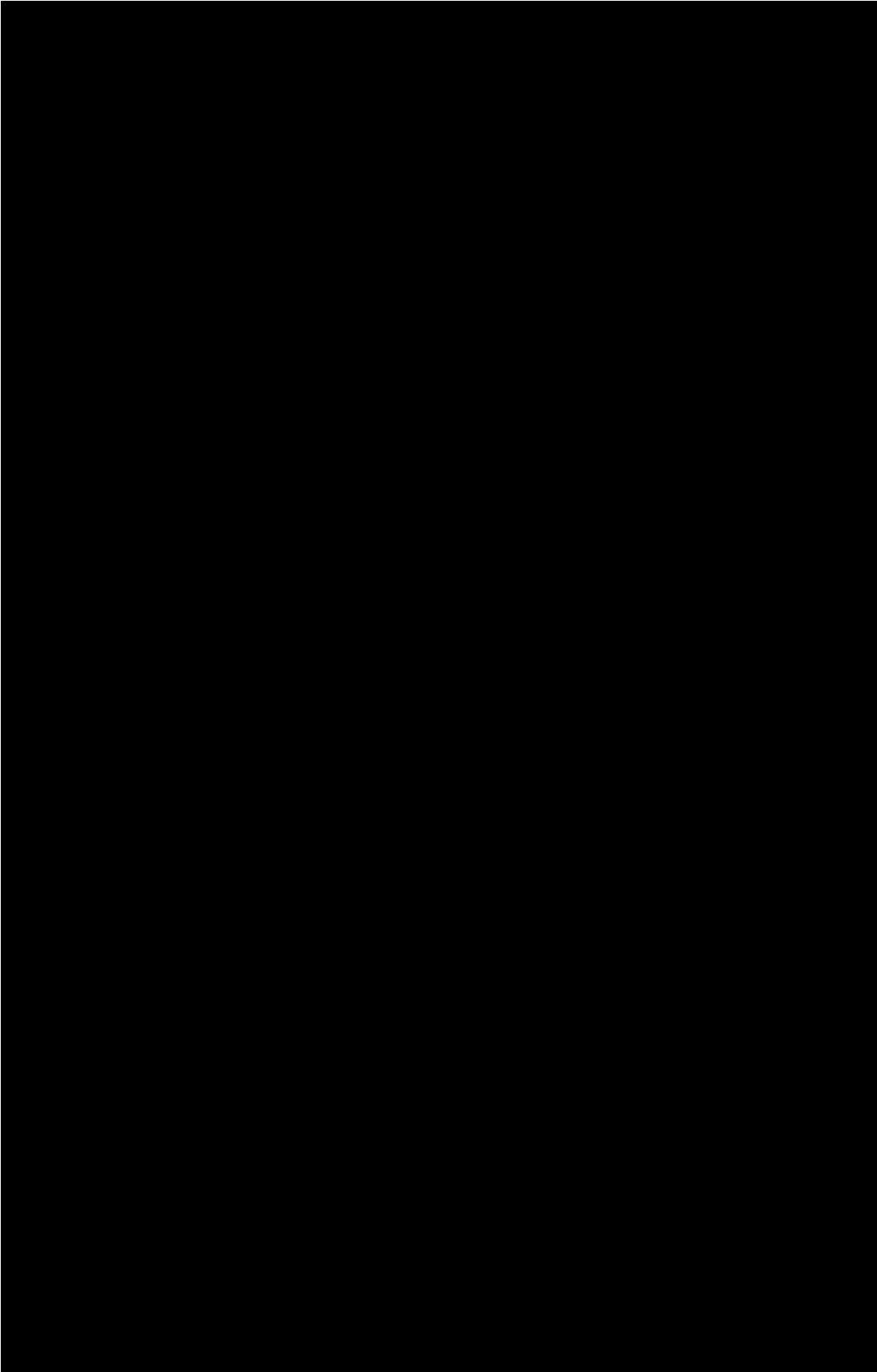


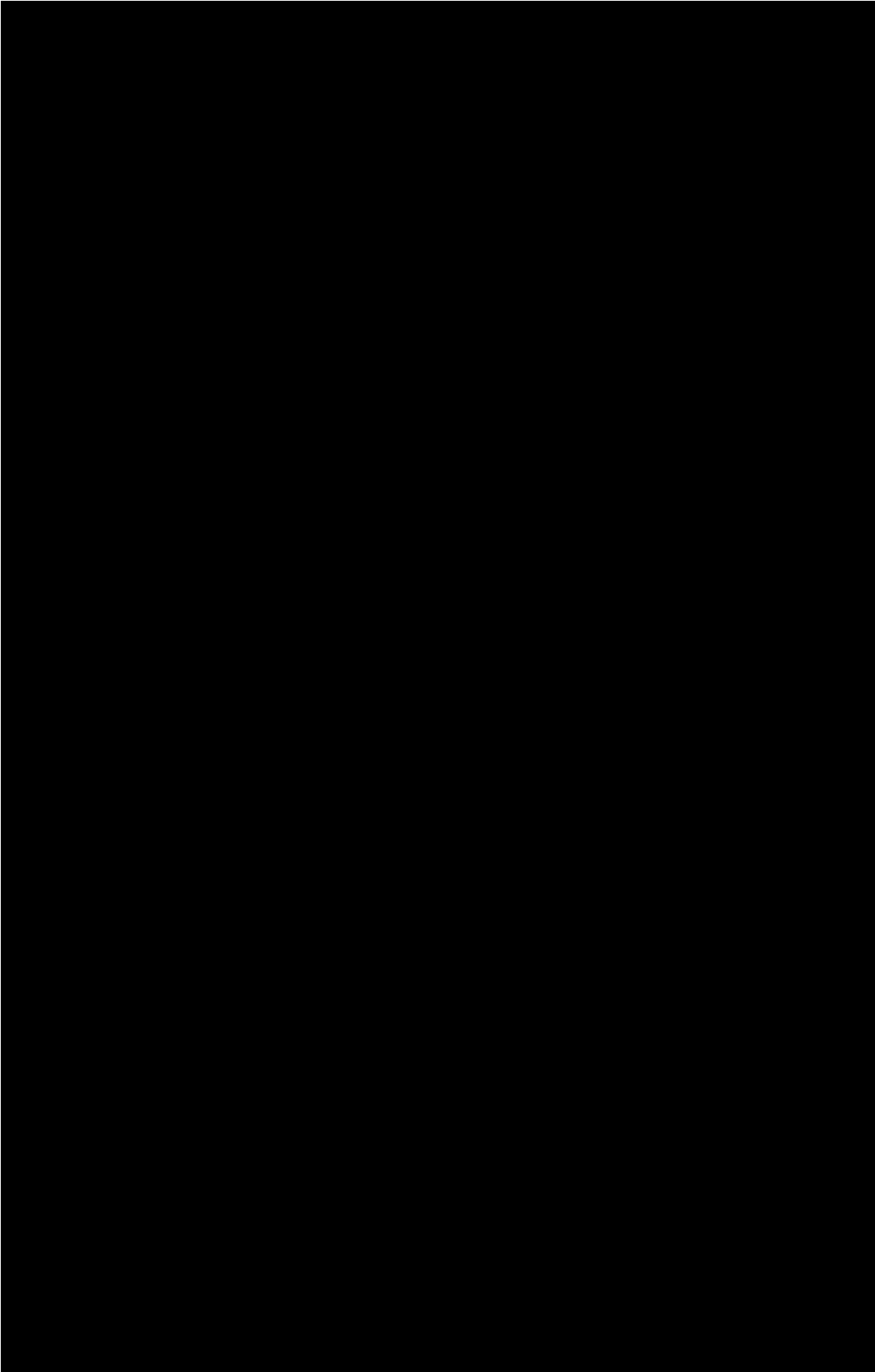


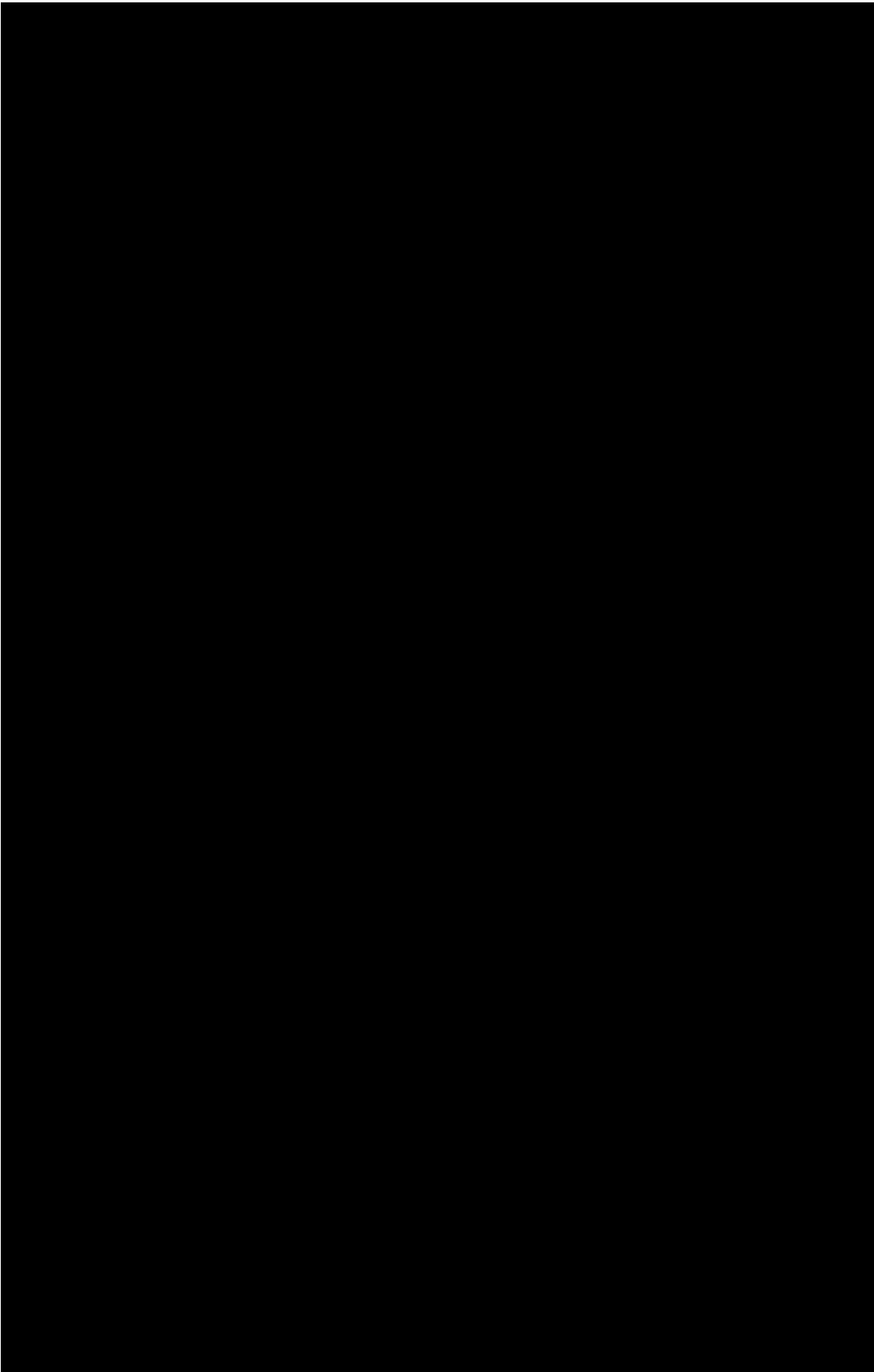


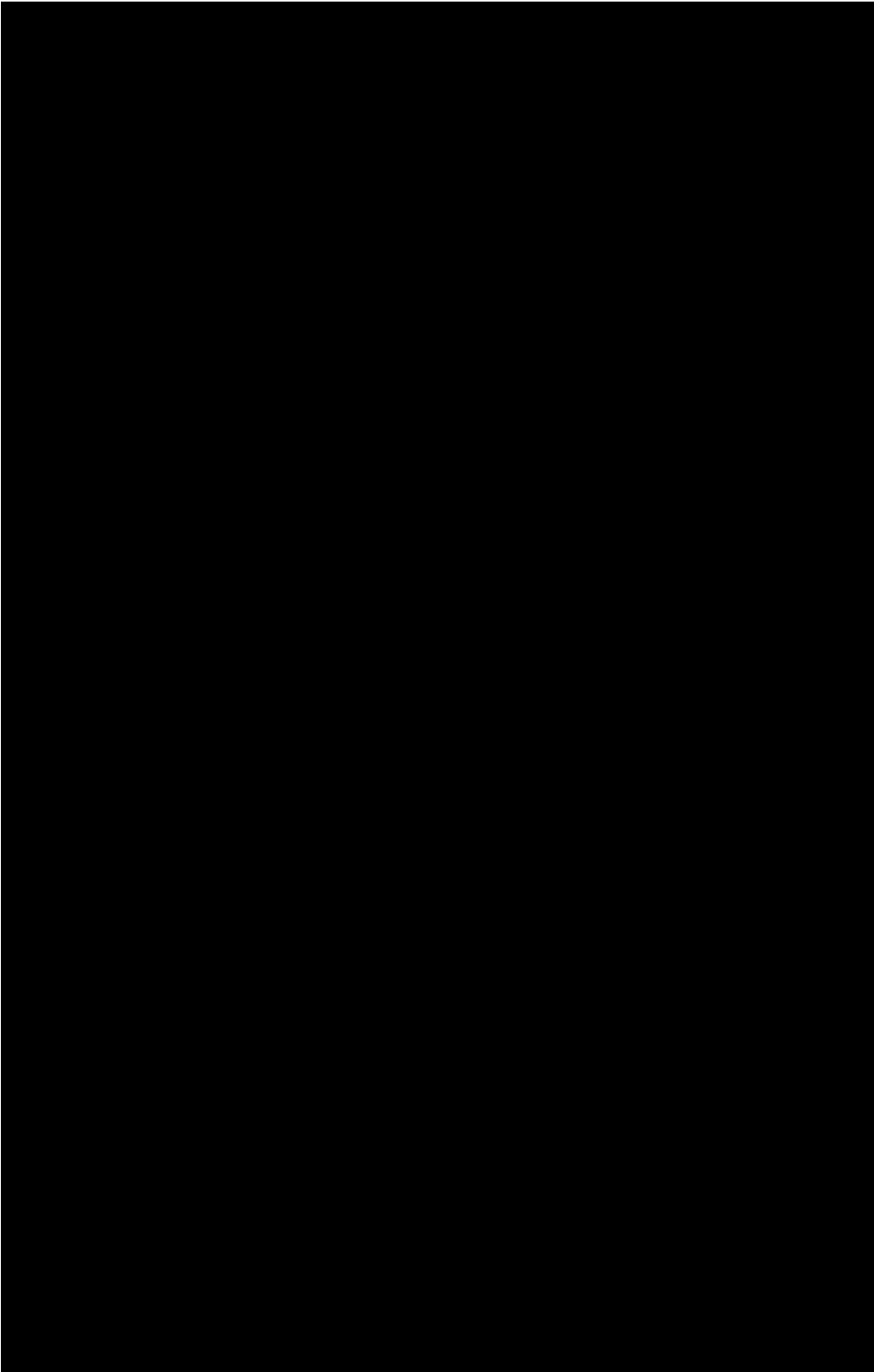




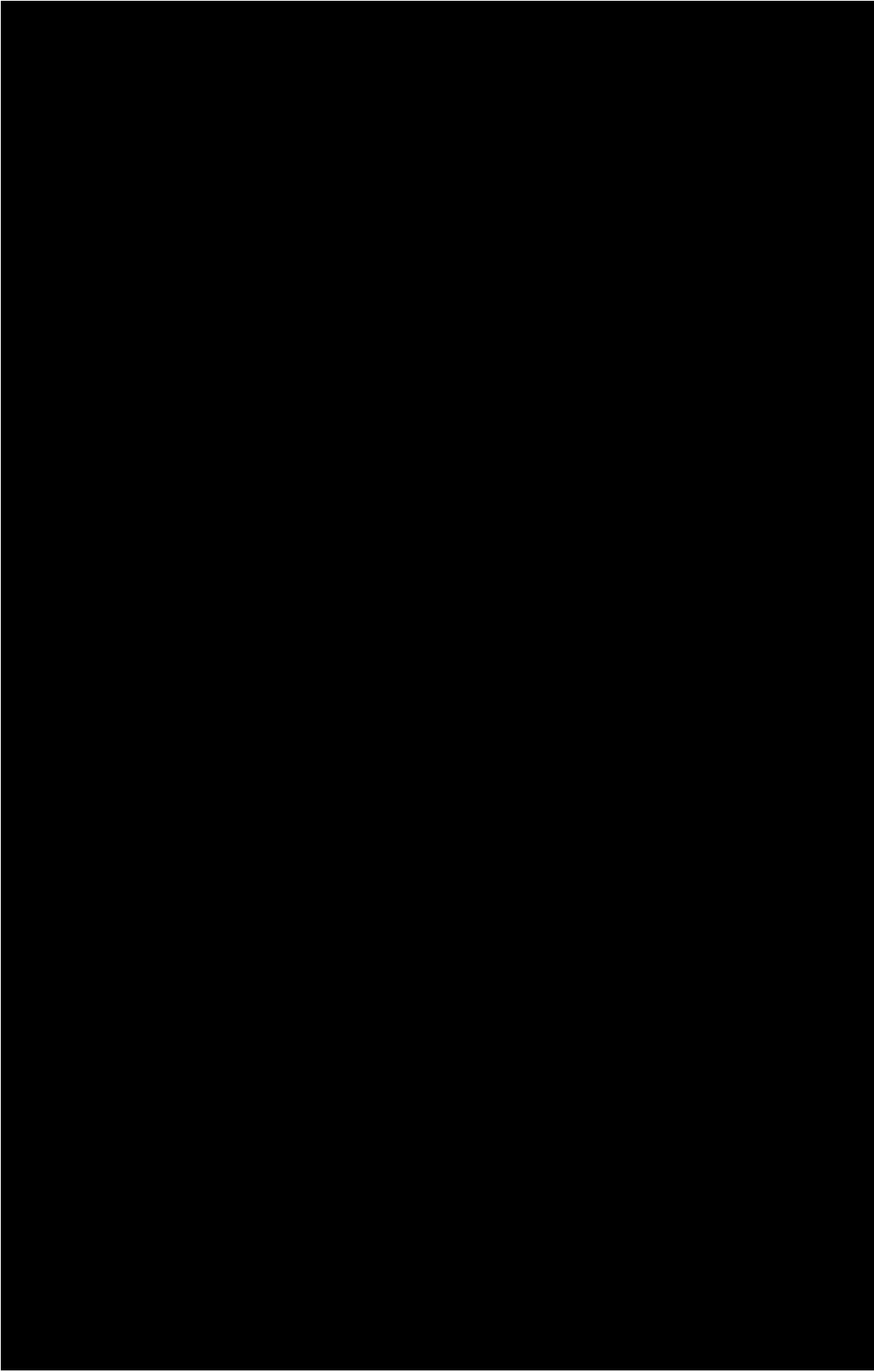


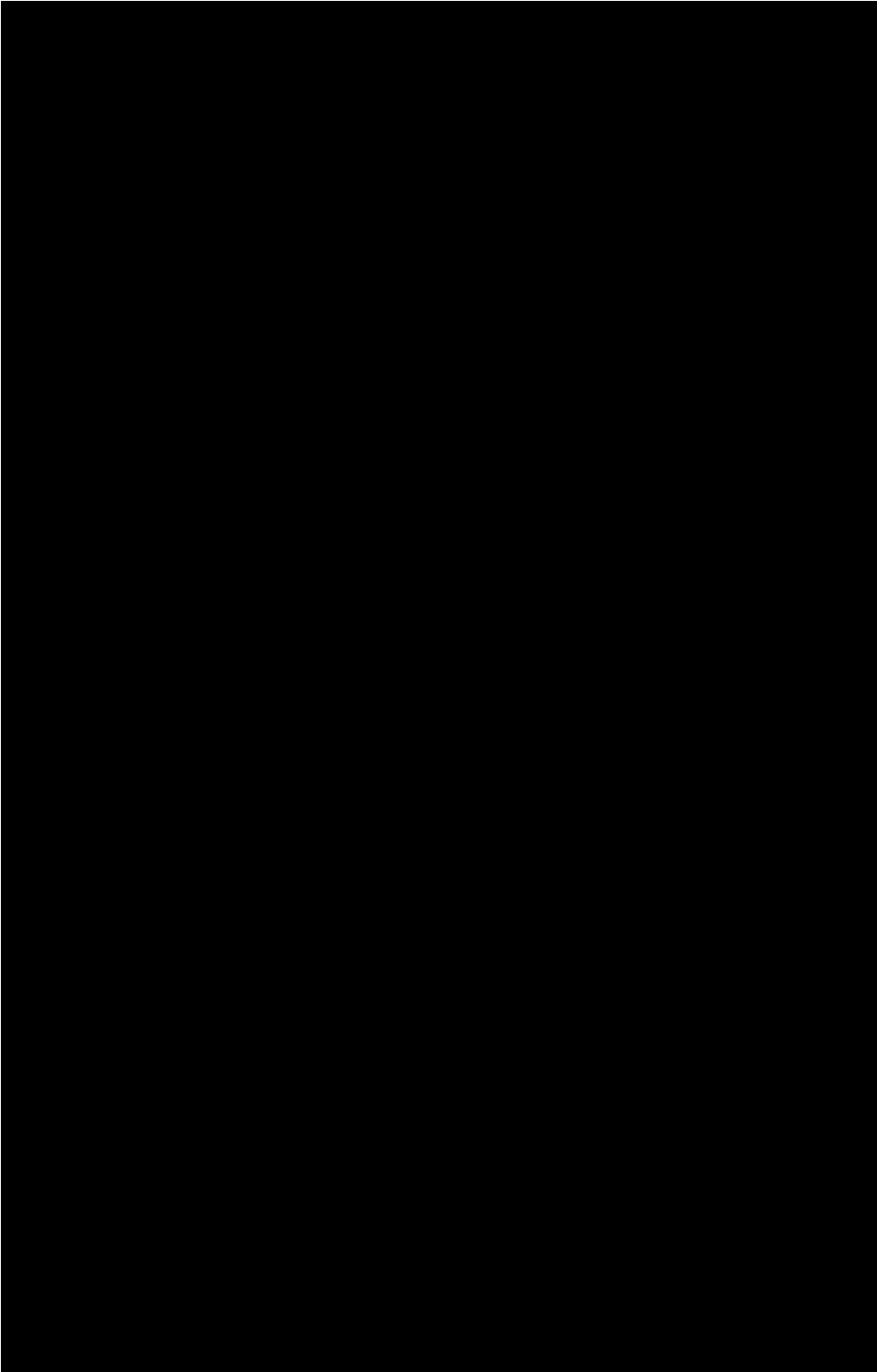


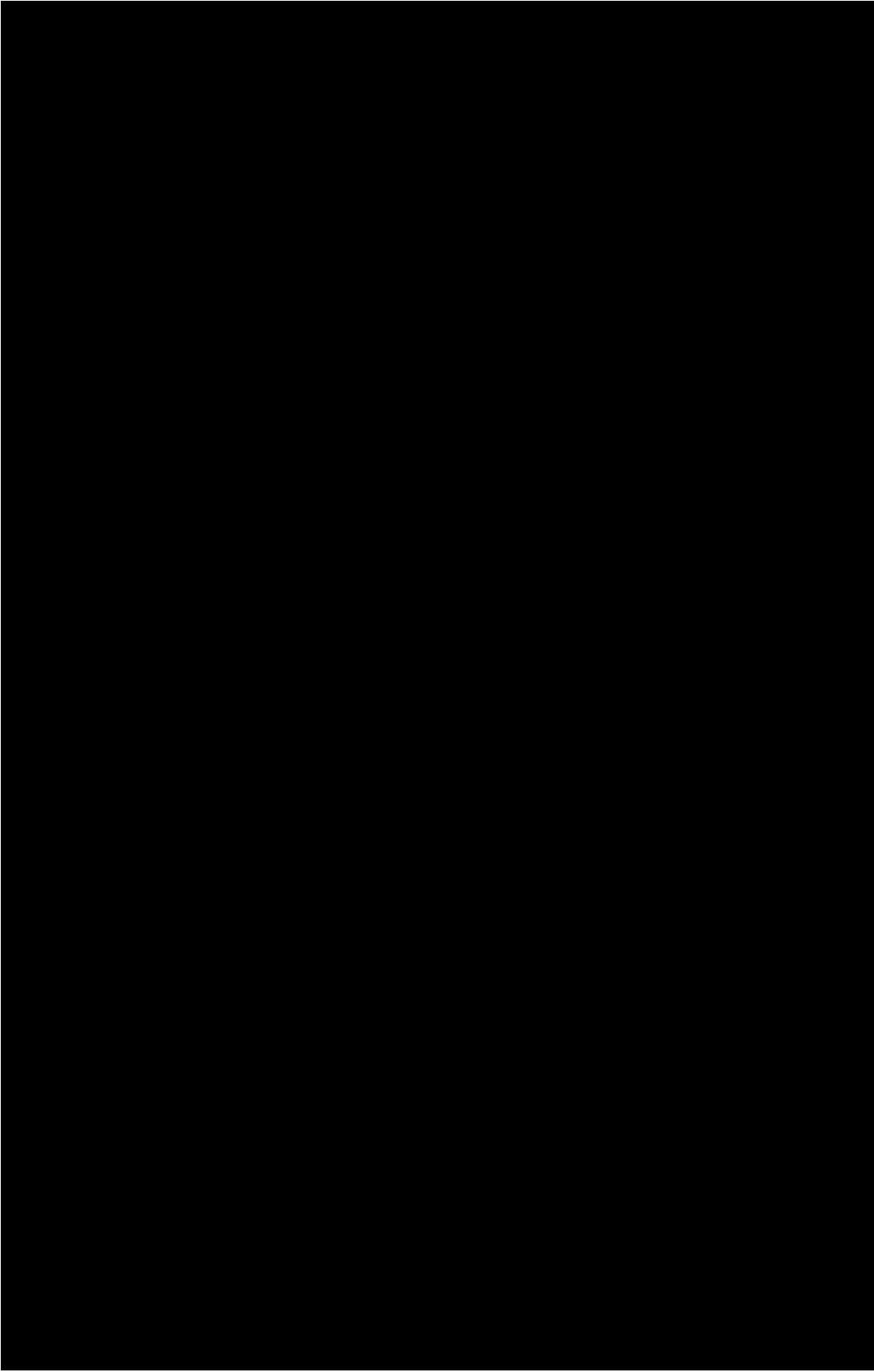


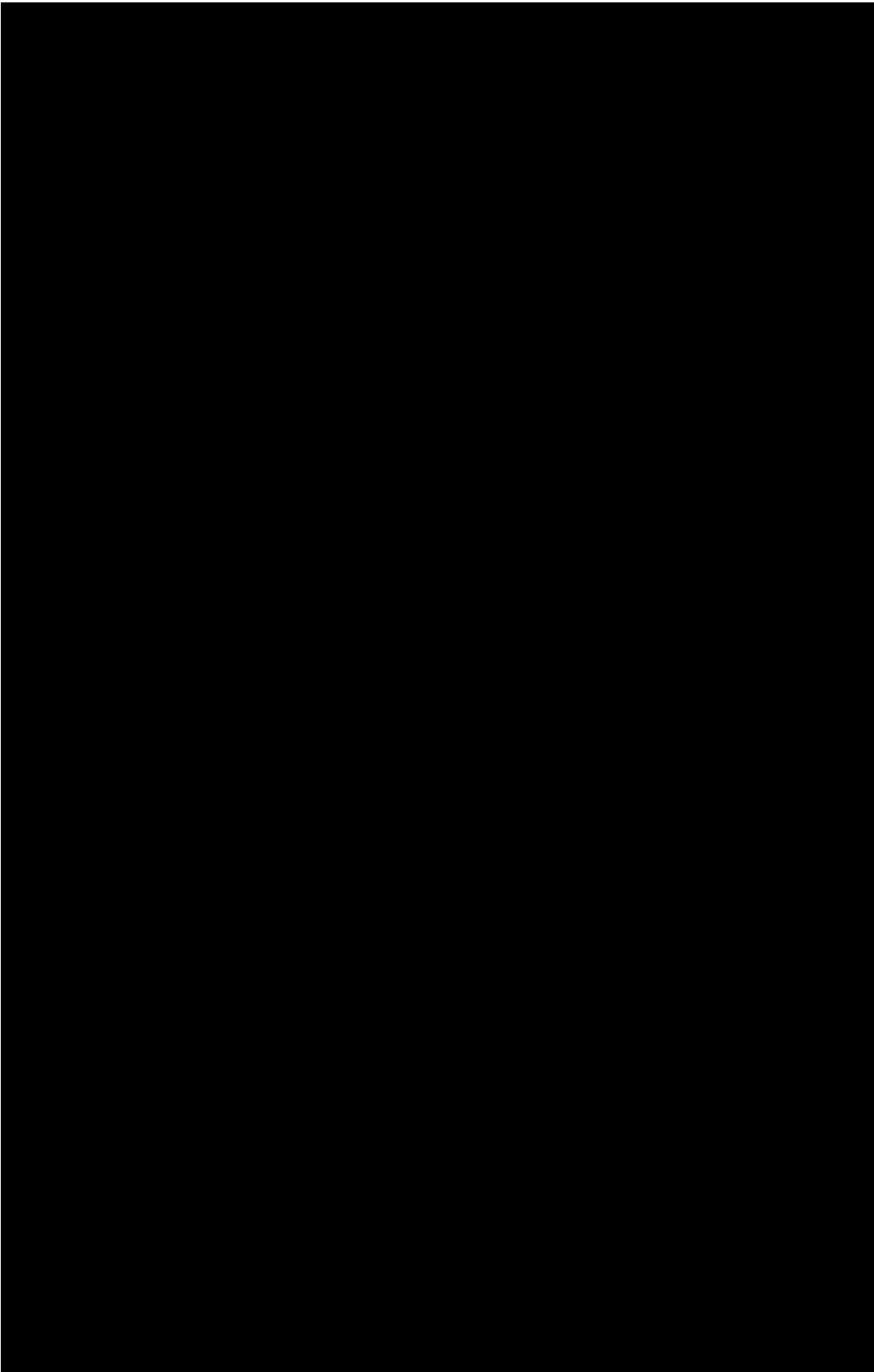


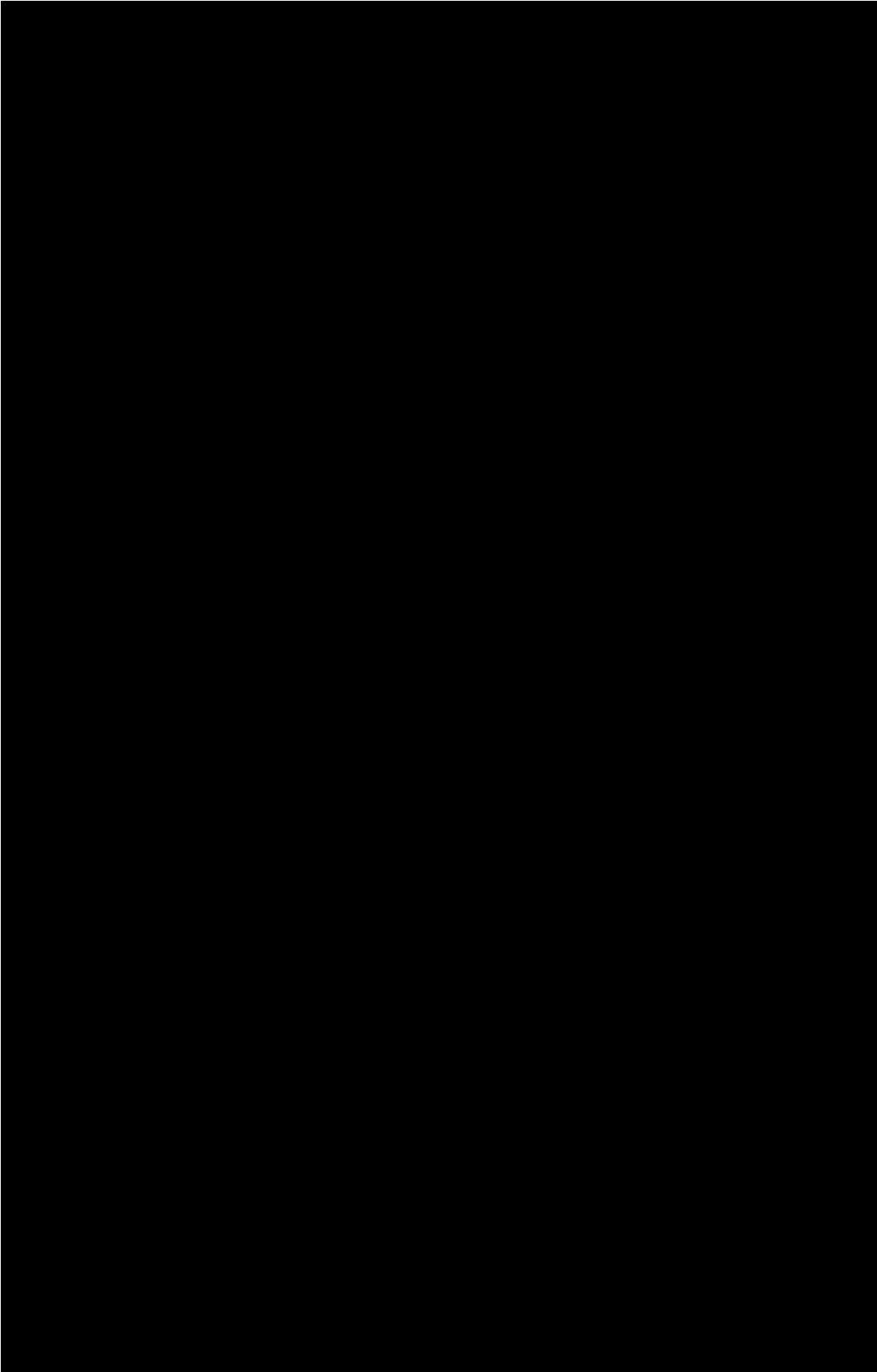


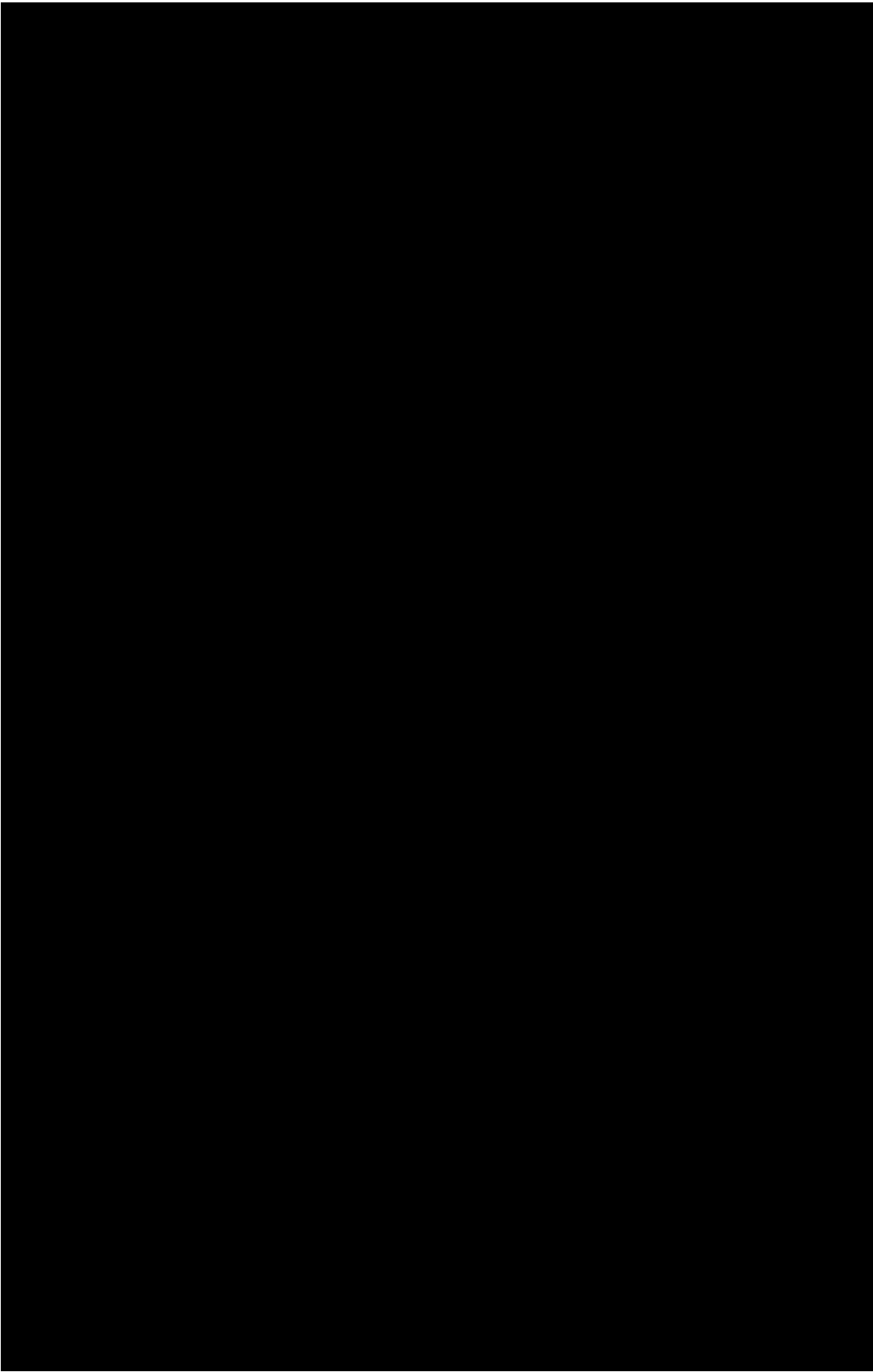


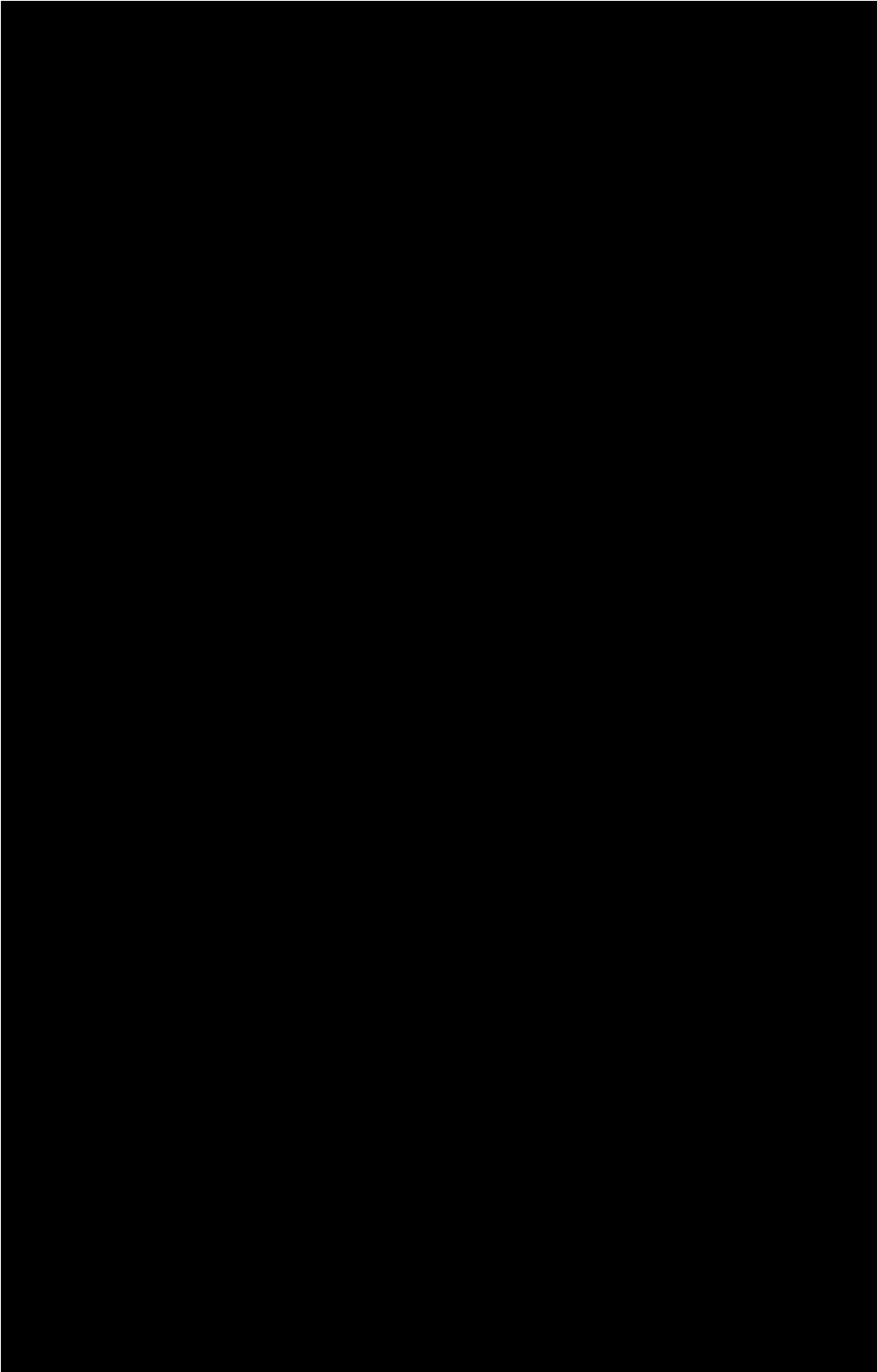


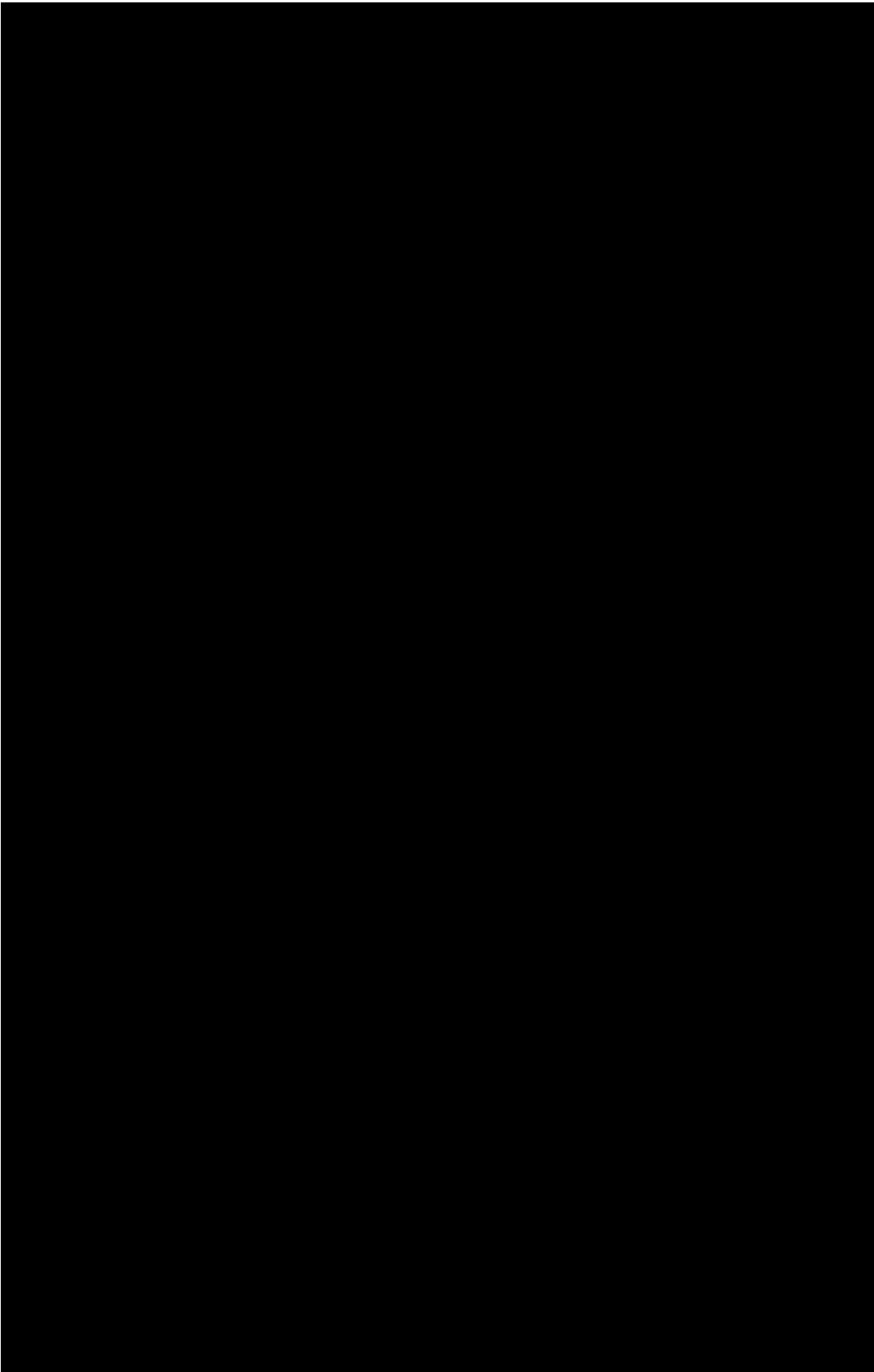




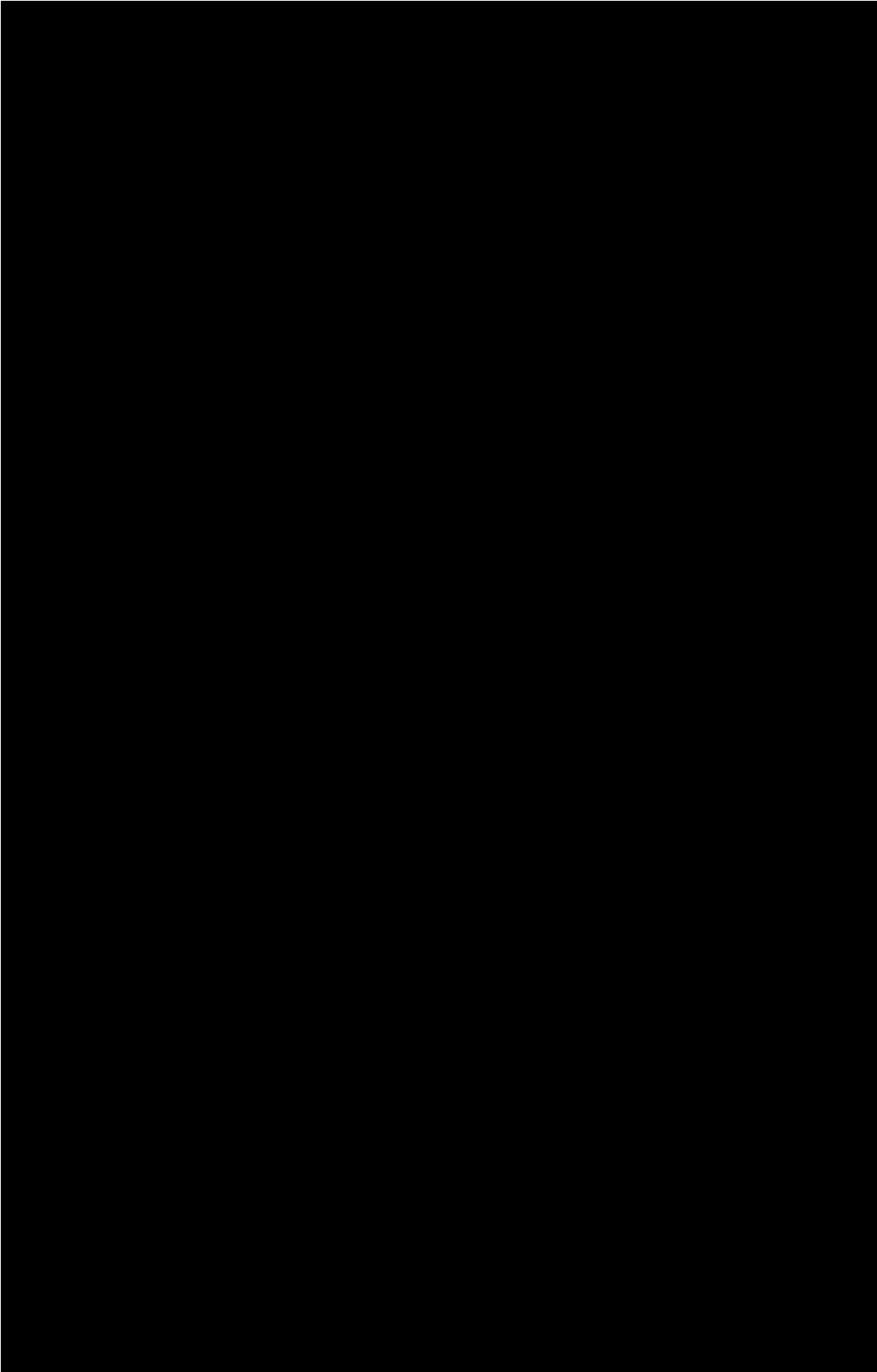


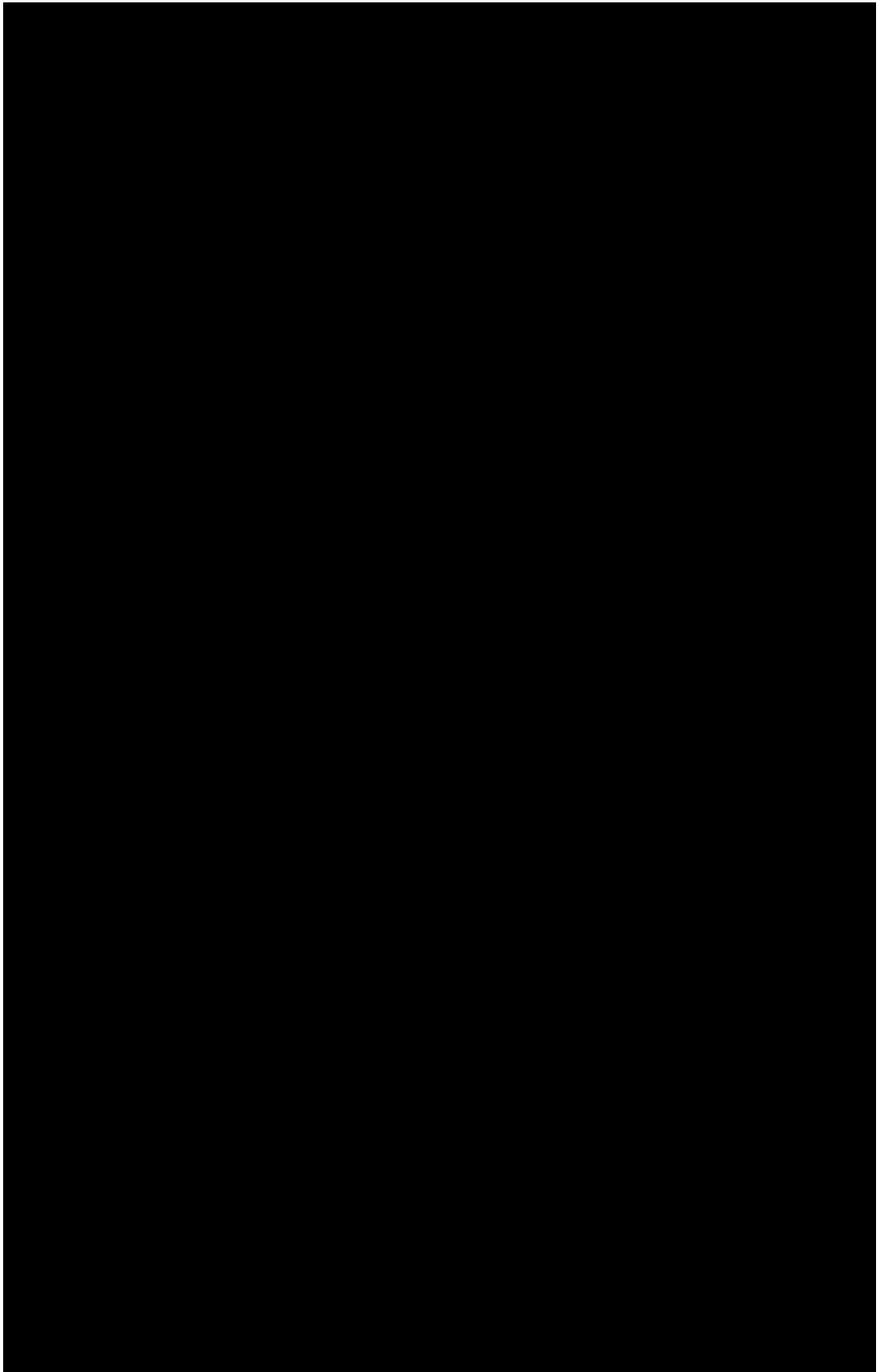


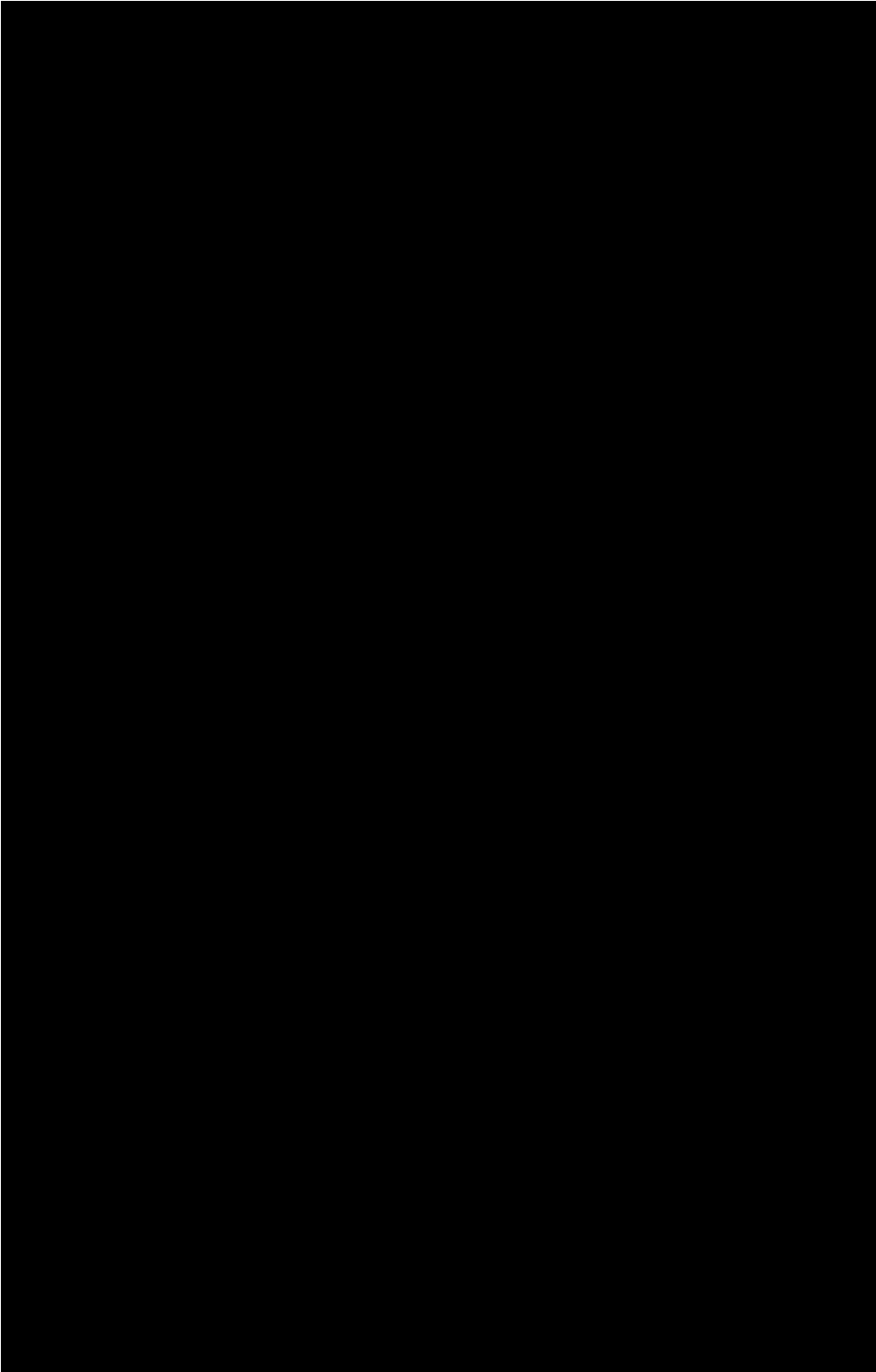


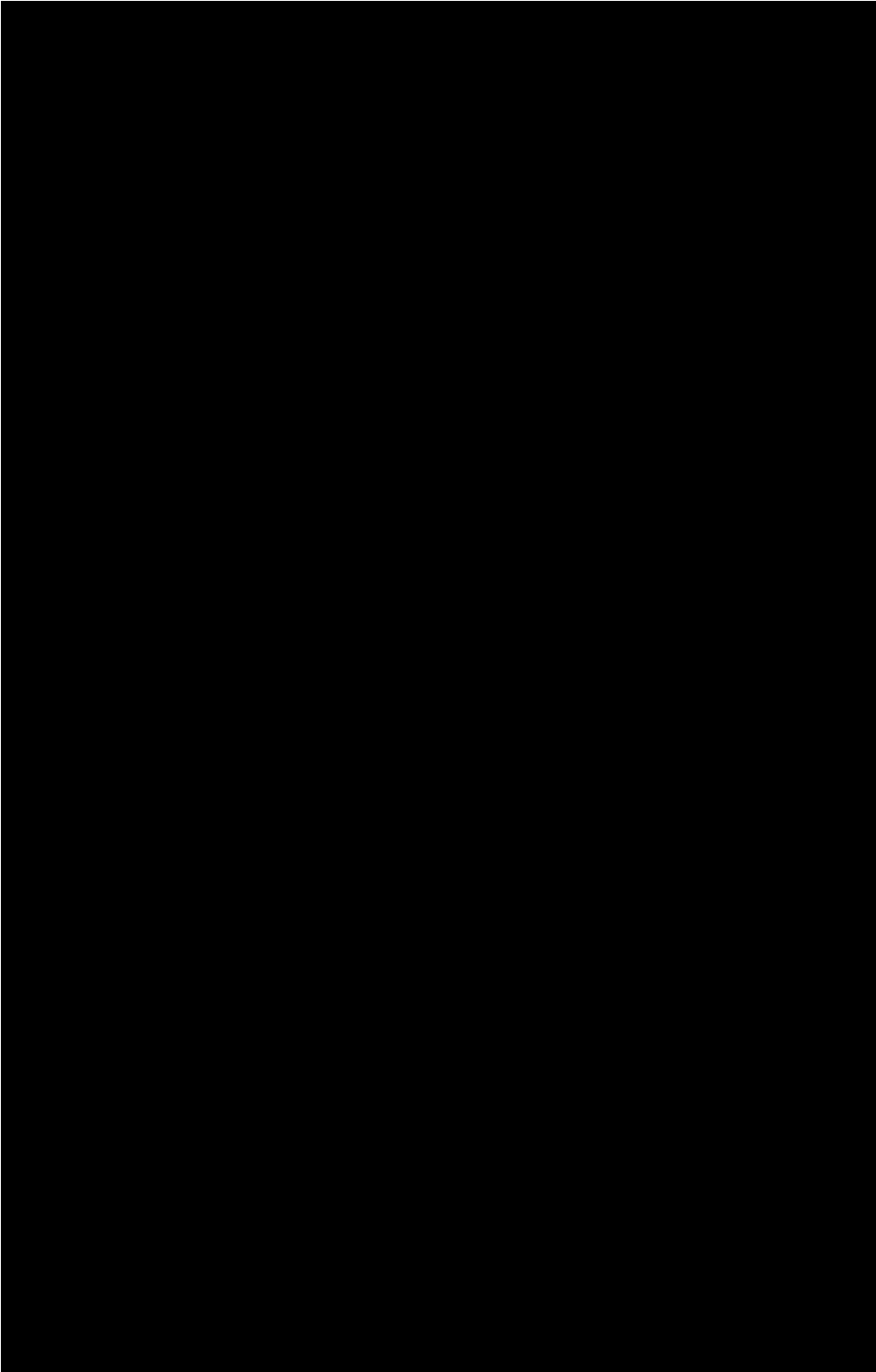


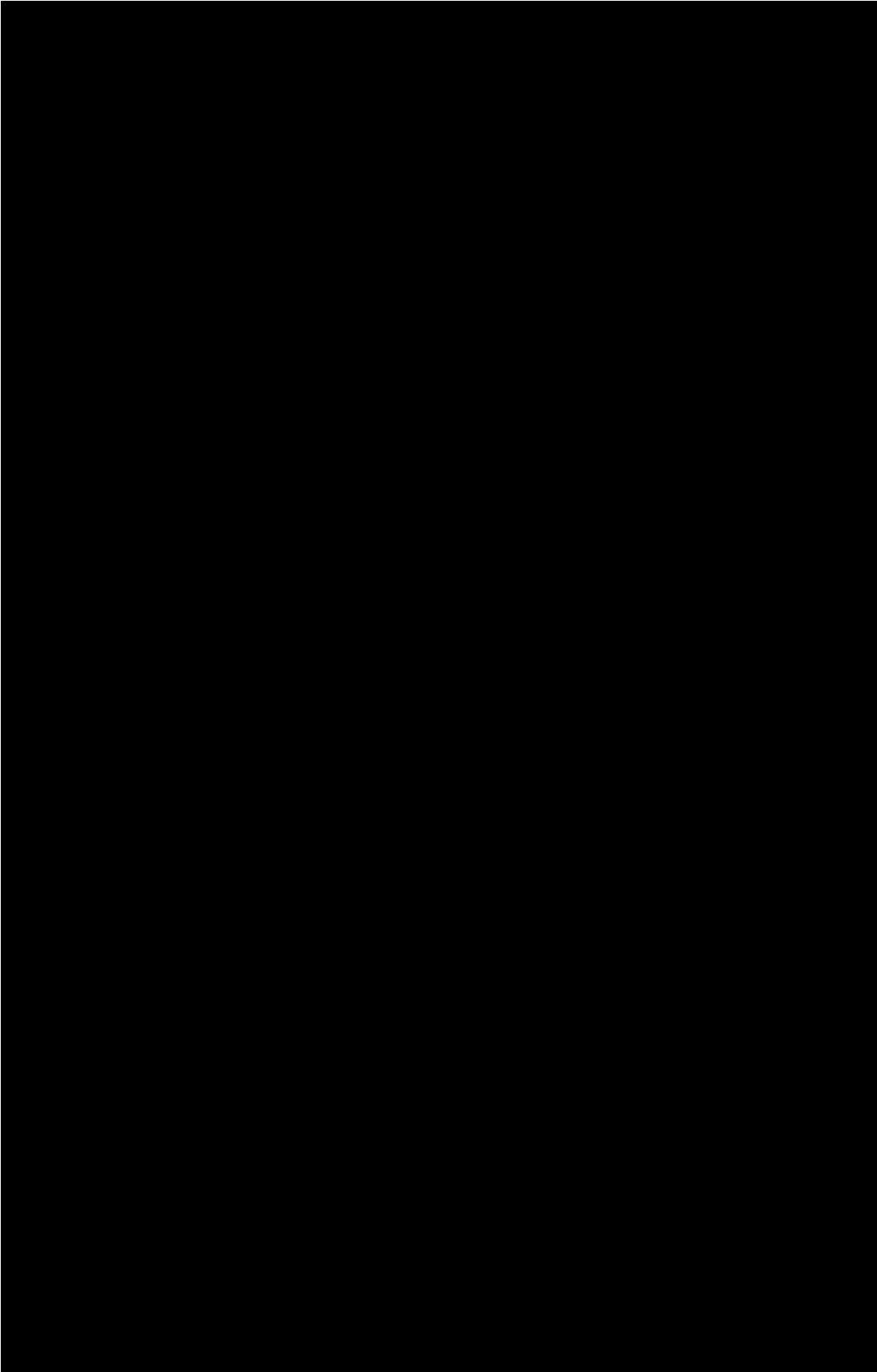


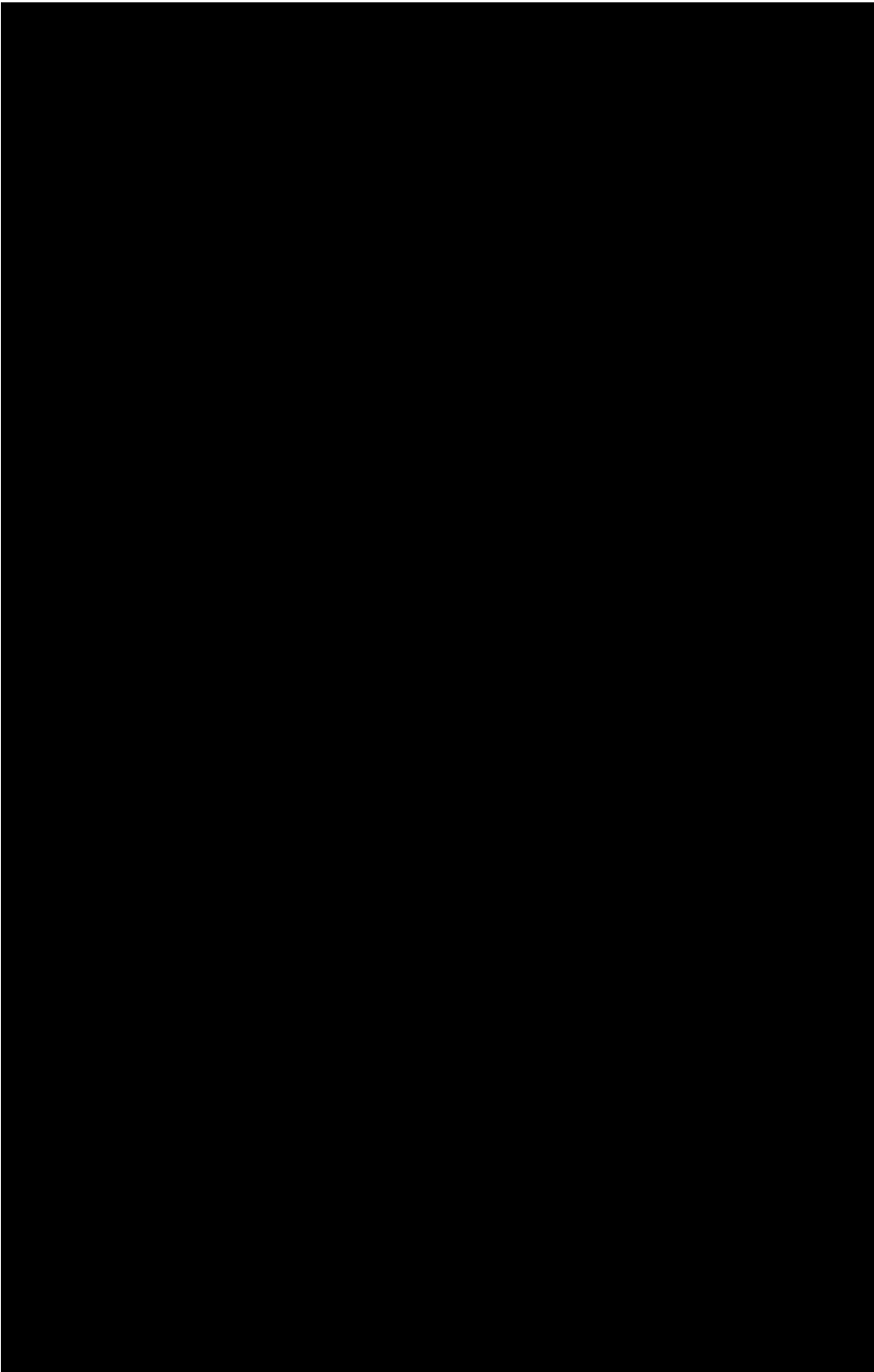


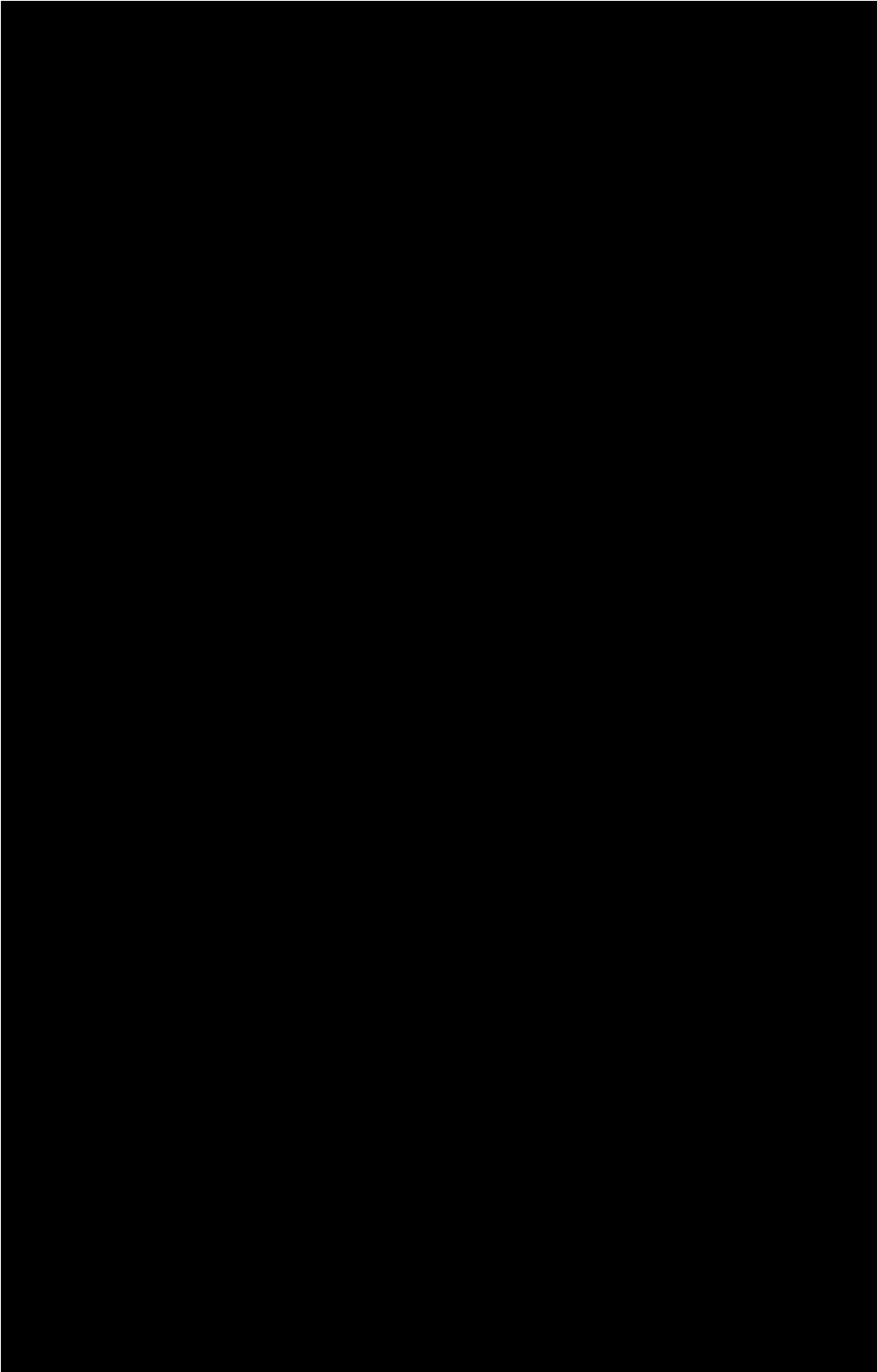


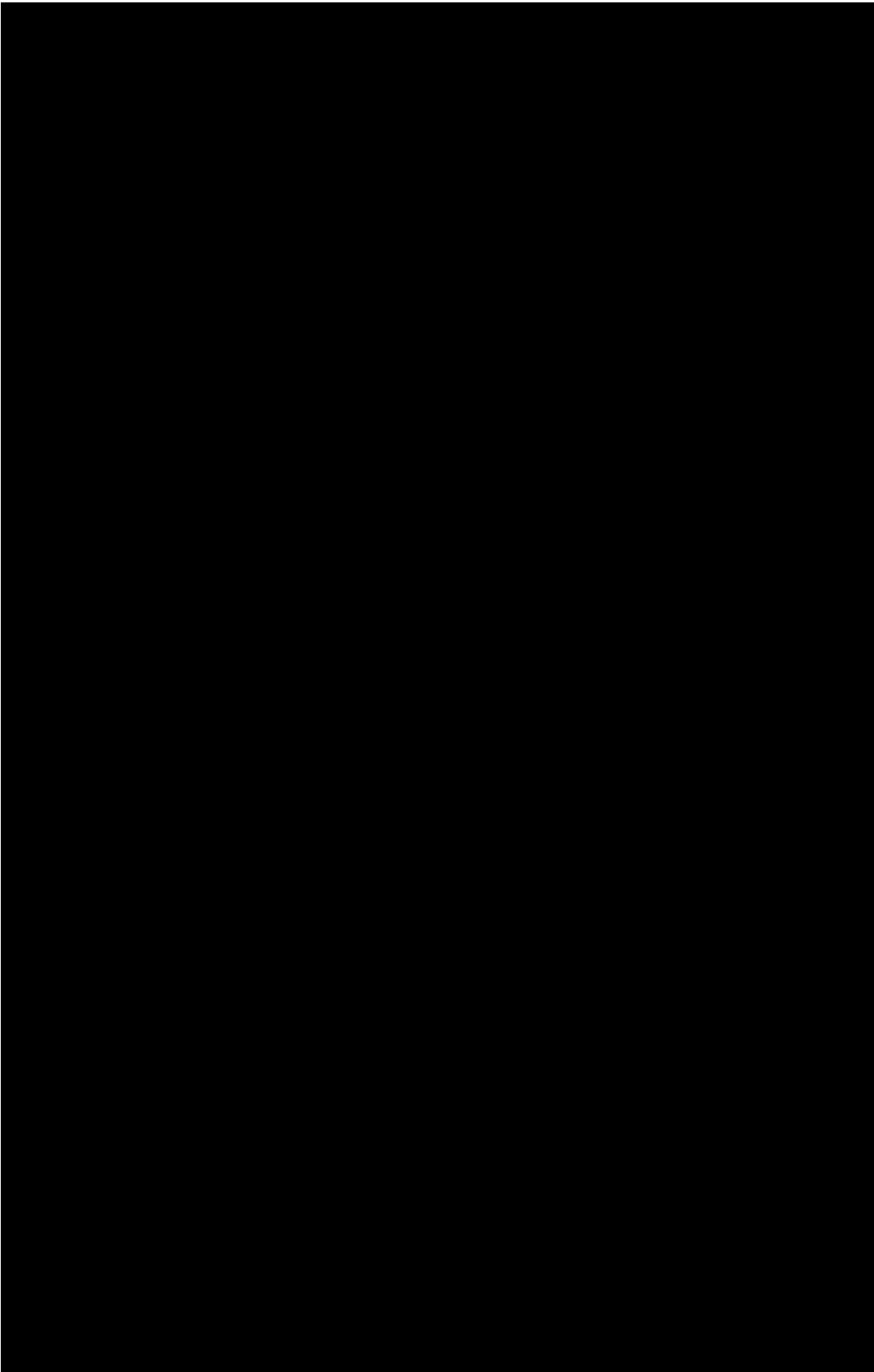




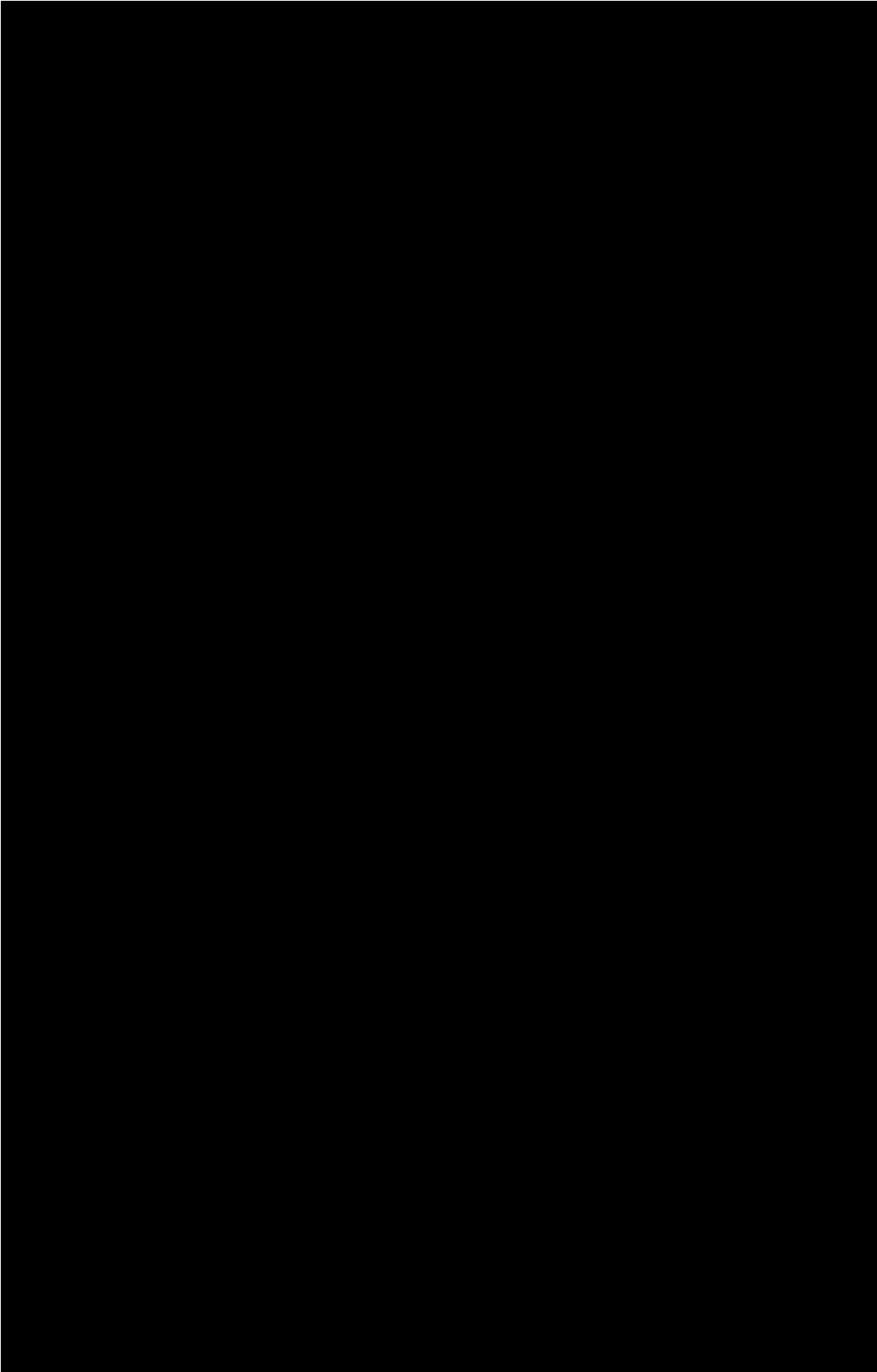


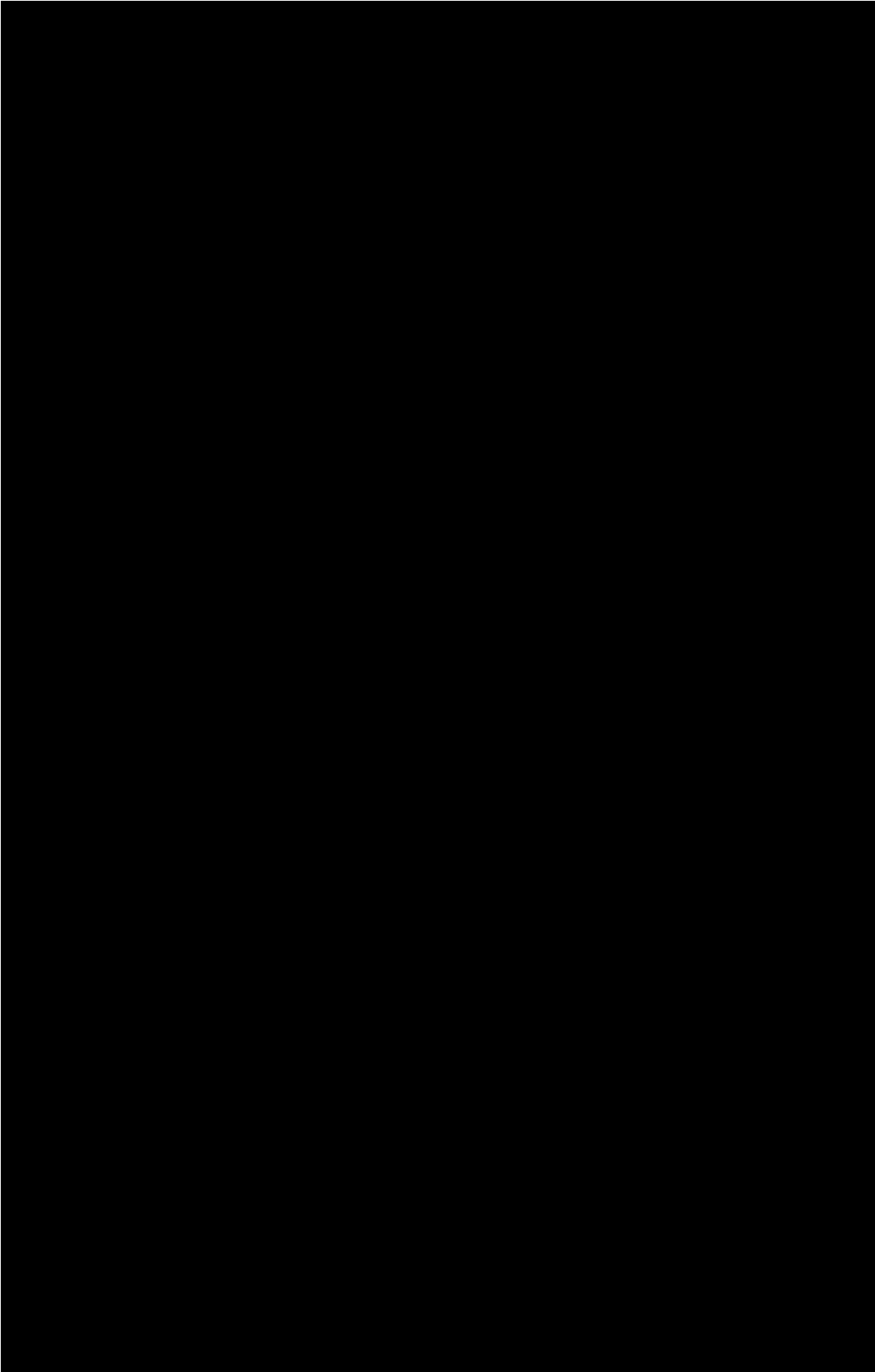


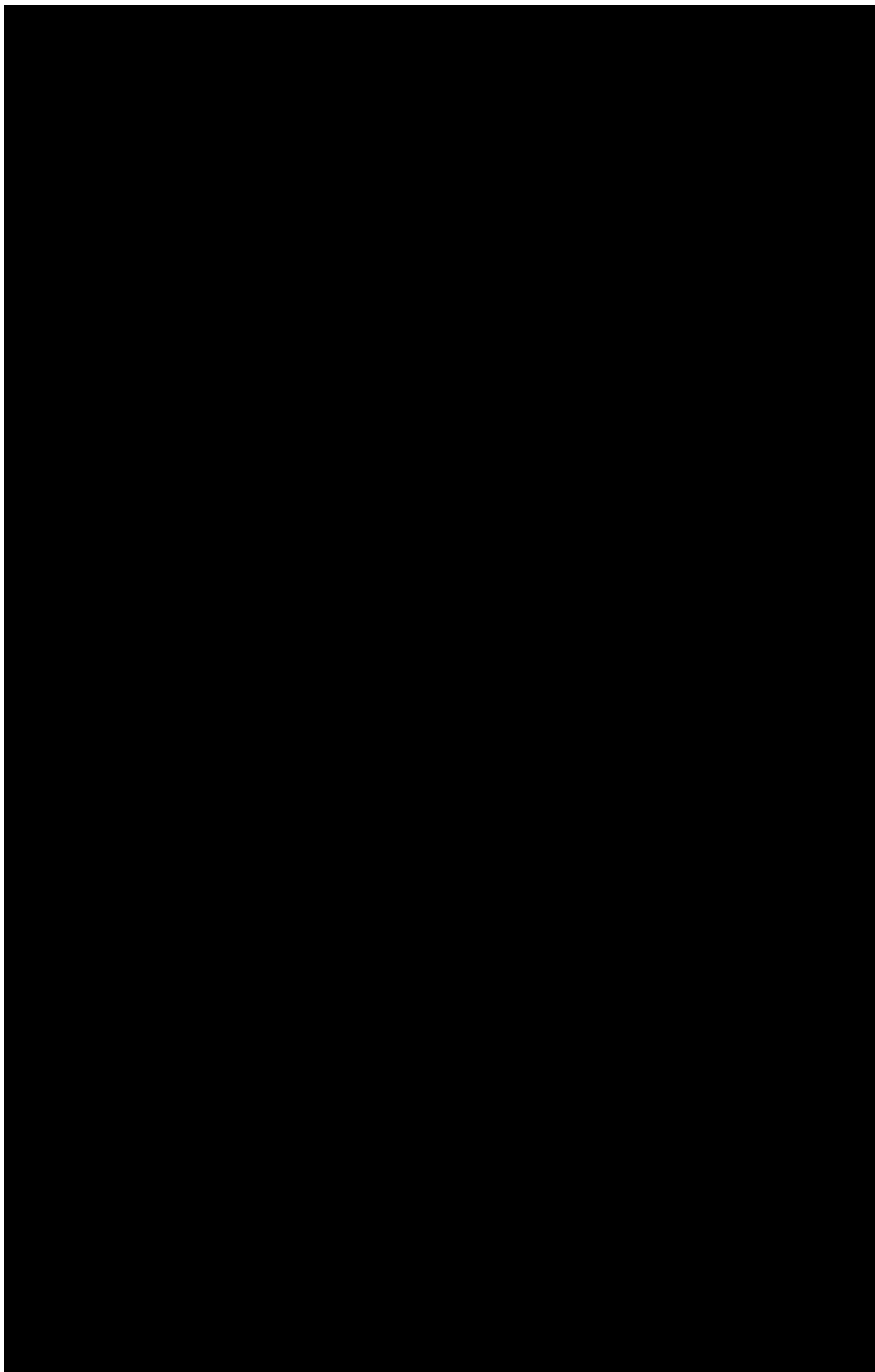


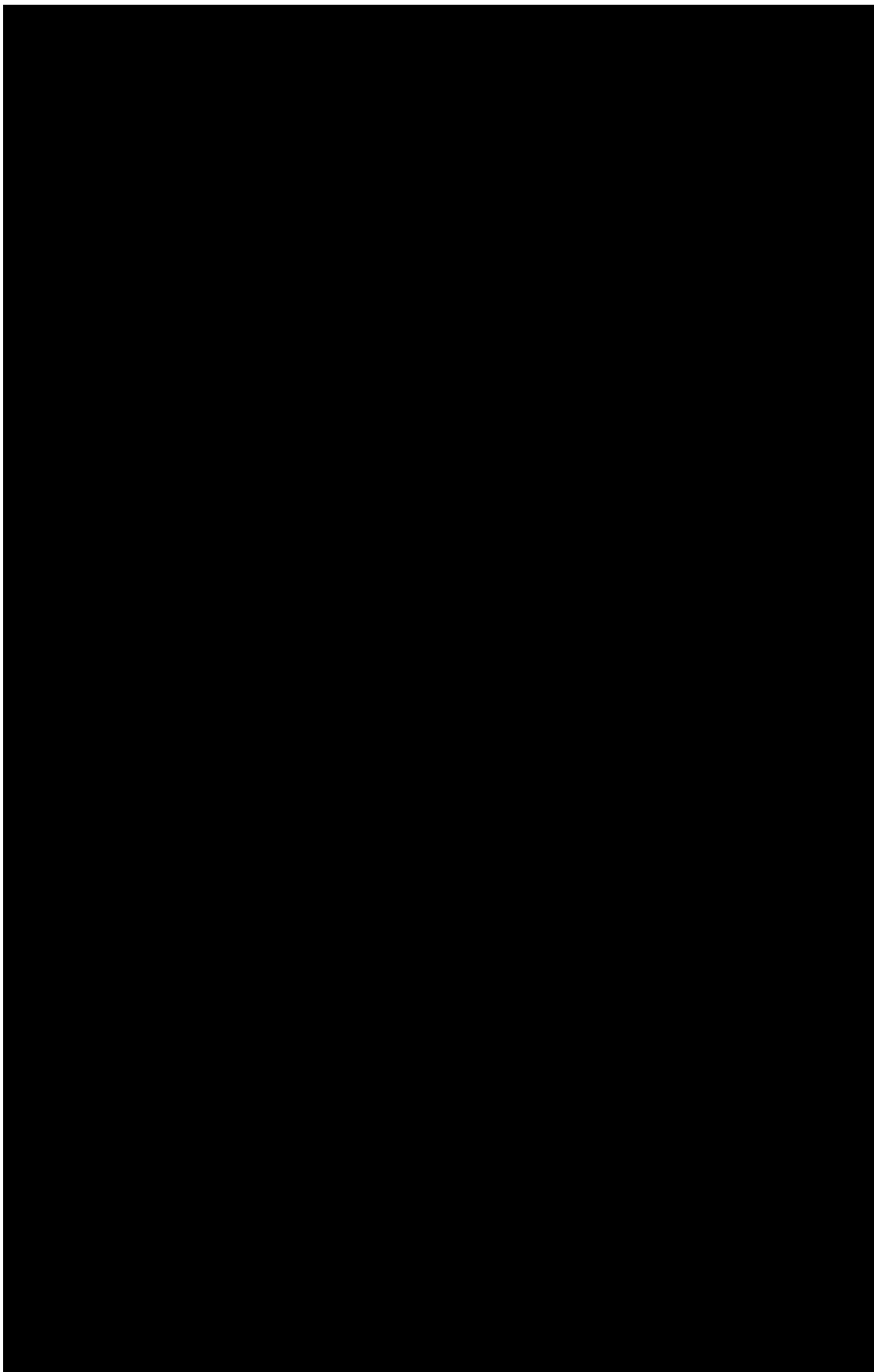


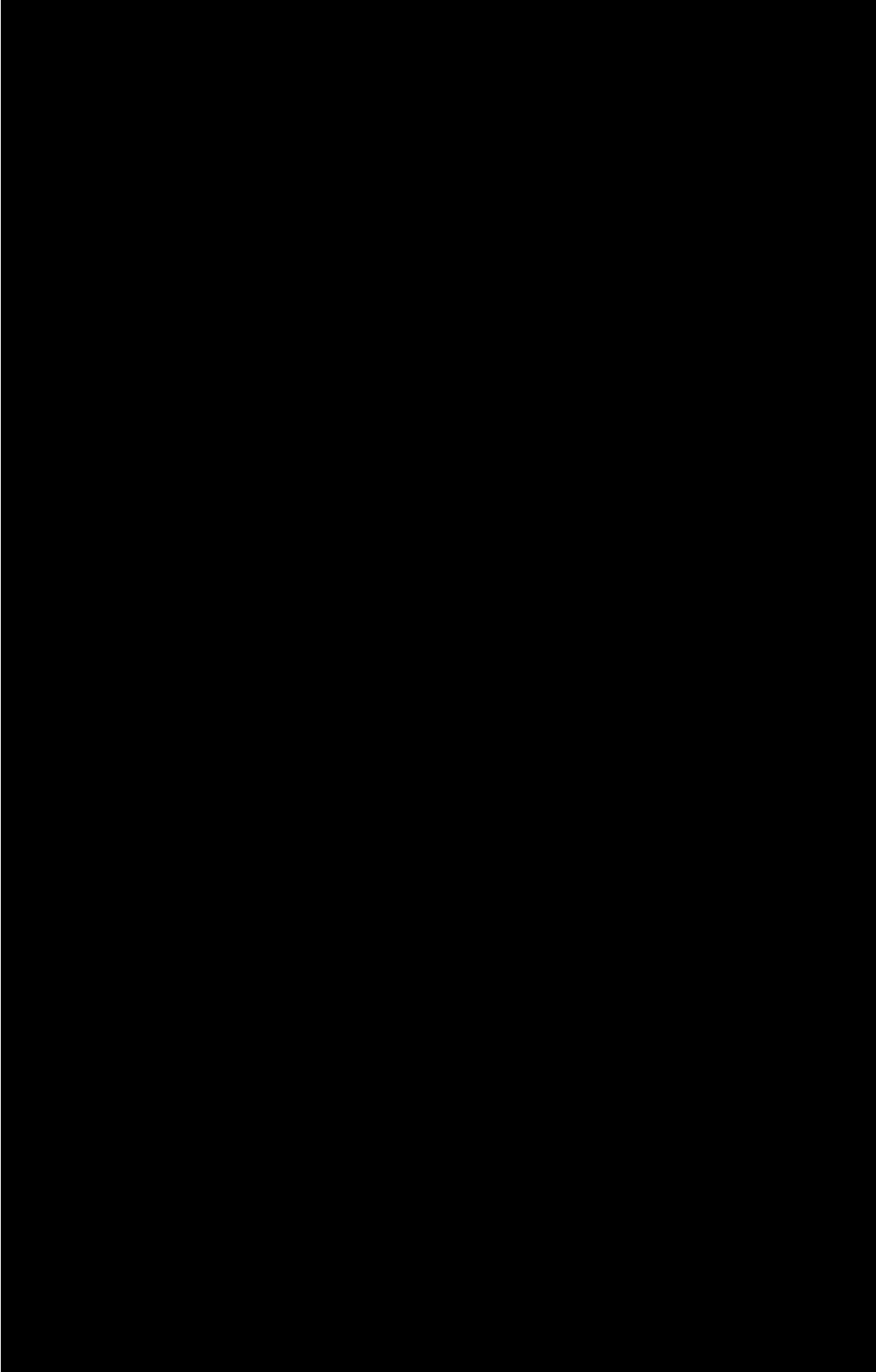


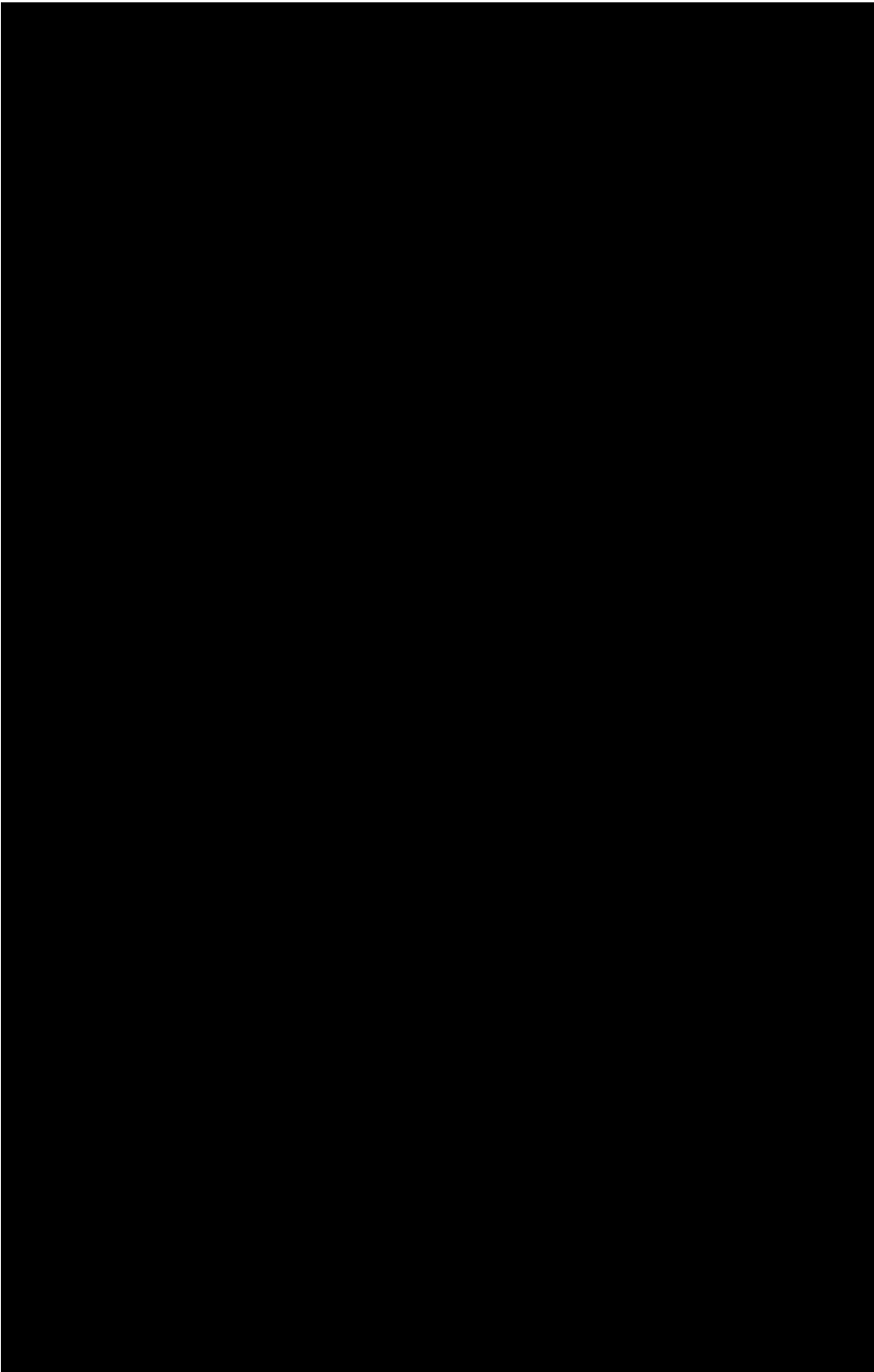


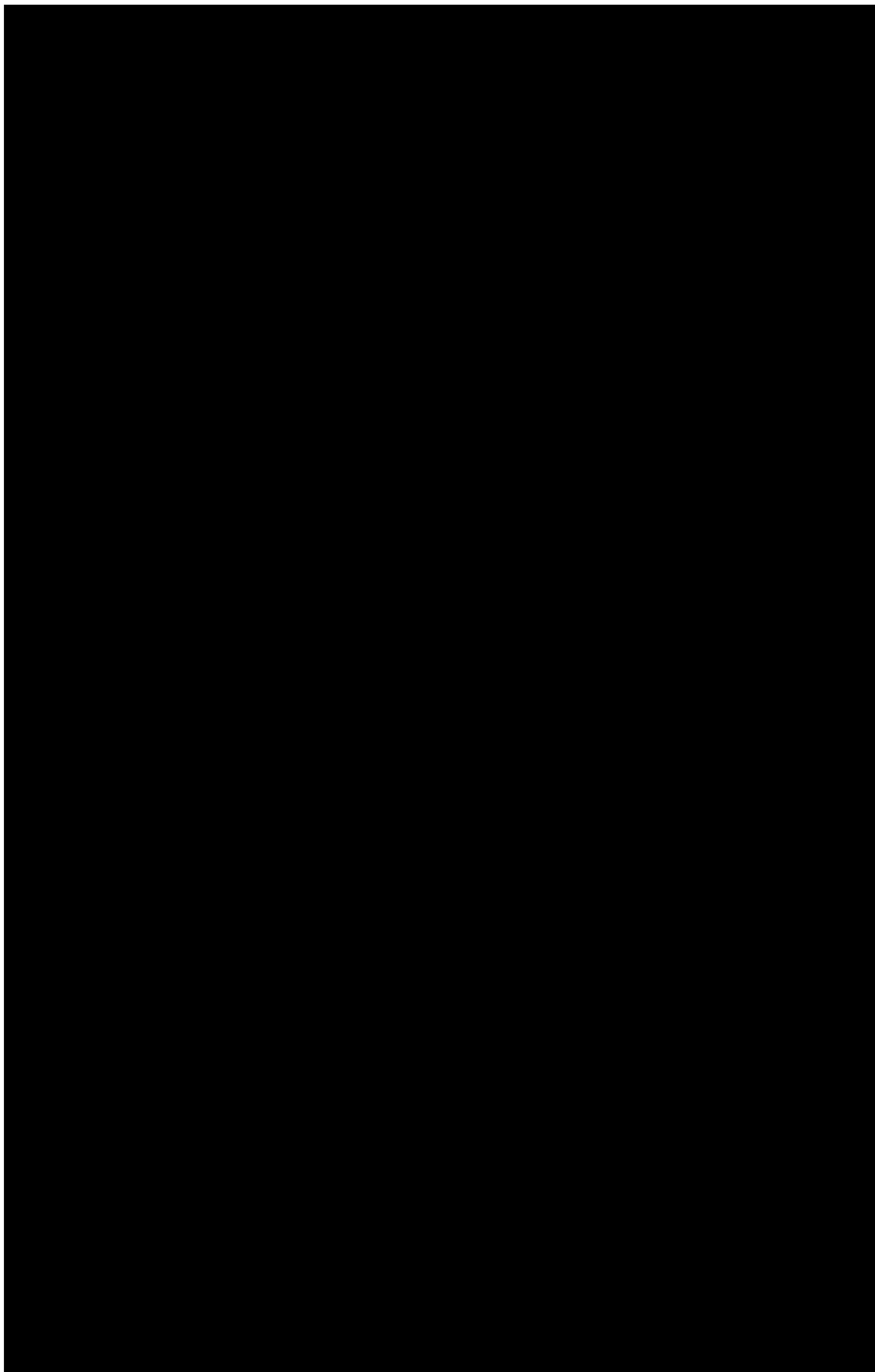


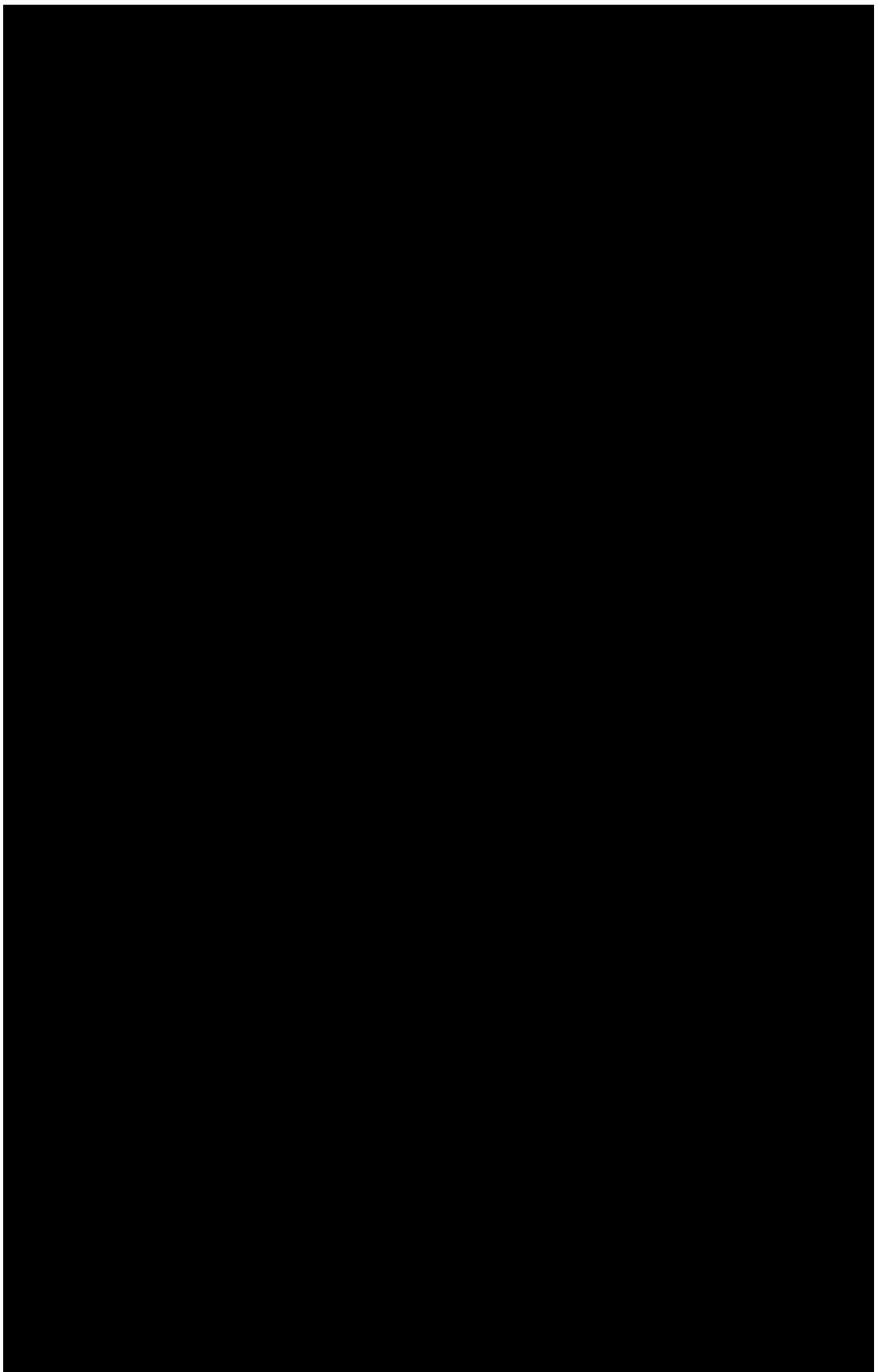




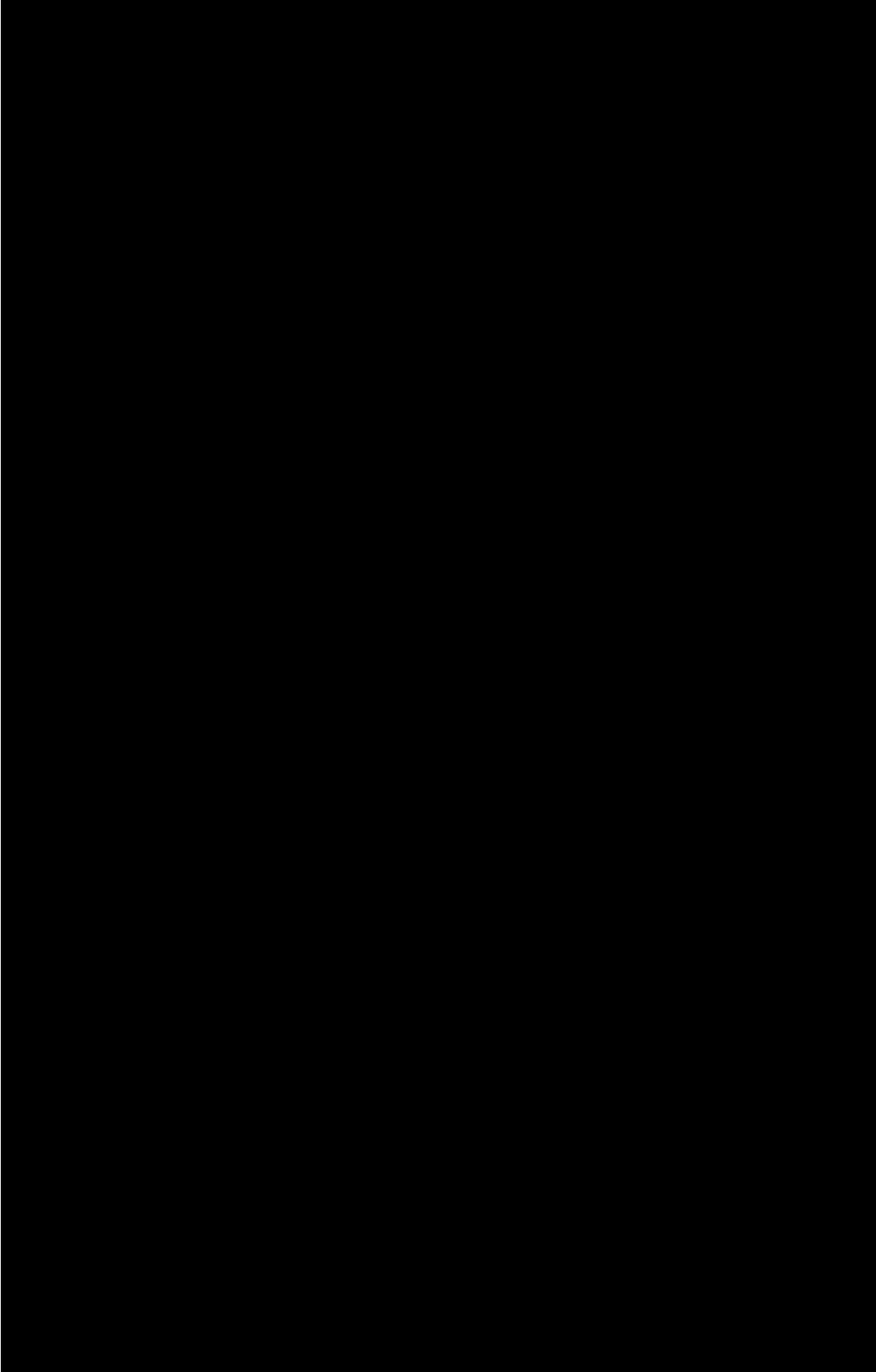












## 第7章 総括

### 7.1 本研究の目的

本研究で得られた結果を以下に総括する。第1章では、これまでの研究について述べ、本研究の位置づけを明らかにし、目的について述べた。本研究では、江戸時代に製造された豆板銀及び丁銀の表面層の解析を行うことで、Ag-Cu合金上に色揚げや経年劣化によって生じる色彩変化を調べた。また、これらの解析結果を基に、色揚げ処理の再現を行い、処理の安定性や色揚げを行った試料の保存性を検討した。以上の結果から、金属文化財の制作・保存にとって有用な基礎データを収集することが、本研究の目的である。

### 7.2 本研究の結果

#### 7.2.1 江戸時代銀貨『豆板銀』及び『丁銀』の表面層の構造

第2章では、江戸時代に製造されたAg-Cu合金である、丁銀及び豆板銀の表面及び断面の構造の分析を行った。安政豆板銀の地金の江戸幕府による規定Ag濃度はわずか13%であるが、試料として用いた安政豆板銀は銀色を呈し、EDS分析の結果では文献値よりAg濃度は高い。これは、試料に表面層が存在していることを示唆している。安政豆板銀を一部研磨すると、表面は銀色から銅色に変化する。この結果から、試料にはAgに富んだ表面層が存在している。安政豆板銀の断面構造をTEMにより調べると、地金上には約0.6  $\mu\text{m}$ のAg富化層と、約0.8  $\mu\text{m}$ のCu<sub>2</sub>Oを主成分とする酸化物層が生成されている。EDS分析から、表面層と地金の界面近傍から銷の特徴であるHgは検出されない。このことは、Ag富化層が色揚げ処理によって形成されたことを示している。

#### 7.1.2 江戸時代銀貨『豆板銀』及び『丁銀』の色彩

第3章では、豆板銀及び丁銀の色揚げ処理や経年劣化によって生じた色彩変化について調べた。第2章で、色揚げ処理が行われたことが明らかになった豆板銀について、分光反射率を測定すると、反射スペクトルは(1)反射率が低く光の波長に依存せず一定である形状、(2)波長が短くなるとともに反射率が減少する形状の二種類に大別できる。Cu濃度が100%の板の分光反射率を計測すると、600 nm付近に吸収端が確認できるが、豆板銀試料ではこの吸収端は観測されない。丁銀は豆板銀と異なり表裏で形状が違っており、極印が打刻される表側と、比較的平滑な裏側からなる。この構造の違いが、色彩に与える影響を明らかにするため、変角分光イメージング装置を用いて丁銀の分光反射

率測定を行った。豆板銀及び丁銀試料の反射スペクトルの形状は、クラスター分析により 6 種類に分類できる。丁銀では、色揚げ処理が確認された安政豆板銀と同様のスペクトルが得られることから、丁銀においても色揚げ処理が施された可能性が高い。また、光源の入射角度の増加につれ、430～440 nm 付近に吸収が見られるようになり、光学的異方性が存在すると考えられる。安政丁銀の茶色の腐食生成物が観察される部分では、光の入射角に依存した変化は見られず、豆板銀とは異なるスペクトル形状が確認されることから、色揚げによって形成された Ag 富化層を覆うように腐食層が存在することが示唆される。このような丁銀の表裏の形状や色彩の差は、鑄造時に使用したと推定される「湯床」とよばれる型の布との接触や、打刻時の残留応力が要因となった可能性が考えられる。丁銀の残留応力を測定すると、元文・安政丁銀ともに、裏側及び表側の打刻のない部分では圧縮応力が確認される。一方、打刻部分では測定箇所によって残留応力値は異なる。このような応力分布が腐食を引き起こしたと考えられる。湯床を用いて、丁銀の鑄造を復元した結果、丁銀の表裏では表面構造に違いが見られ、鑄造時に表面構造の差が生じたことが明らかになった。

### 7.2.3 形状の異なる江戸時代銀貨の色彩、金属組織及び腐食生成物の比較

丁銀は、豆板銀と同じ時代に、同じ Ag 濃度で製造され、同様に色揚げが施されたと考えられるが、その形状や重量は大きく異なる。第 4 章では、これらの差が色揚げや腐食におよぼす影響を、これまでの試料の表面層の解析結果及び、露銀試料の解析をもとにまとめた。それぞれの銀貨について、金属組織、色彩及び腐食生成物について比較を行い、次の結果を得た。元文、安政とも、結晶粒径は、丁銀が最大であり、露銀が最小である。これは鑄造時の冷却速度の違いが原因と考えられる。分光反射率測定より、いずれの試料においても 600 nm 付近の Cu 由来の吸収端は観測されない。しかし、変角分光イメージング装置による分光反射率測定に基づくスペクトル形状の分類を行うと、丁銀のみで観測される形状が存在する。試料の形状や重量と腐食生成物との間に明確な相関は見られないため、腐食生成物はそれぞれの試料の保存環境に起因するものであると考えられる。以上の結果から、銀貨の形状や重量の違いは、色彩や金属組織の Cu の粒径に影響を与えることを明らかにした。

### 7.2.4 江戸時代貨幣『豆板銀』に用いられた色揚げ処理技法の復元的研究

第 5 章では、色揚げの機構を解明するため、文献『貨幣の生ひ立ち』における記述を参考に、Ag-Cu 合金を用いて色揚げ処理を行った。その結果、処理後には表面 Ag 濃度

が上昇し、試料表面の色彩が変化し、豆板銀と類似の反射スペクトルが得られる。しかし、復元試料の表面及び断面構造は、豆板銀試料とは異なっている。これは、色揚げ後に研磨等の処理を行った可能性が考えられる。色揚げ処理の処理時間、処理液の温度等の処理条件を変化させて Ag-Cu 合金について色揚げを行なった。Ag 濃度が 15 wt% の試料では、処理液への浸漬時間を増加するより、繰り返し処理を行う方が、Ag 濃度の増加に効果的であることが明らかになった。そのため Ag 濃度の低い試料では、Au-Ag 合金での色揚げ処理と同様に、Ag-Cu 合金の色揚げ処理においても複数回繰り返し処理を行った可能性が示唆される。また梅酢の主成分である、クエン酸、リンゴ酸及び塩化ナトリウムを用いて色揚げを行った結果、色揚げ処理では、梅酢中のクエン酸、リンゴ酸、塩化ナトリウムにより Cu が溶出されることが明らかになった。

#### 7.2.5 色揚げ処理によって形成された層の腐食挙動及び耐食効果

第6章では、色揚げ処理によって生成された  $\text{Cu}_2\text{O}$  層の耐食効果を明らかにするため、色揚げ処理を行った試料と未処理の試料を用いて、温度 80 °C の恒温環境及び温度 80 °C、湿度 90% RH の恒温恒湿度環境での腐食試験を実行した。試料の色彩や生成物の経時的変化を調べると、1008 時間経過したすべての試料において、400~500 nm 付近に吸収が確認される。しかし、XRD による解析では、すべての試料において、1344 時間後も地金の Ag 及び Cu のピーク以外に腐食生成物は検出されない。また、Ag-Cu 合金試料では、時間の経過とともに Ag 濃度の増加が見られる。以上の結果より、高温環境での試験では、色揚げ処理を行った試料と色揚げ処理を行わなかった試料では、劣化において明確な差は得られなかった。一方、温度 80 °C、湿度 90% RH の環境では、366 時間後、Ag 濃度が 100%、45 wt% 試料、色揚げ処理を行った試料をのぞく試料で 400~500 nm 付近に吸収が確認された。また Ag 濃度が 15 wt% の試料及び Ag 濃度が 75 wt% の色揚げを行った試料をのぞく、すべての試料で Ag 濃度の低下が見られる。以上の結果から、色揚げ処理層による耐食効果のためには、試料の表面 Ag 濃度が高濃度である必要があることが明らかになった。

### 7.3 本研究の保存科学的意義

色揚げ処理は、金属工芸における伝統的着色技法として広く用いられているが、処理により形成される層の微細構造や、色彩、色揚げ処理時の条件との関係は明確にはされていなかった。特に、金属工芸品にとって、表面処理や経年劣化によって生じる金属固有の色彩の変化は非常に重要と考えられる。

本研究の特色は、江戸時代に実際に製造・使用され、現在に伝えられている豆板銀及び丁銀を試料として用い、色揚げ処理に及び経年による腐食により生じた表面層を自然科学的に解明した点である。これまでの研究においては、明らかではなかったこれらの貨幣の表面及び断面の微細構造を解析することで、色揚げ処理及び経年による腐食によって生じる表面層の構造を明らかにした。また、色揚げ処理の行われた試料及び再現試料について色彩の解析を行い、色揚げ処理技法によって形成される表面層の色彩データが得られた。加えて、Ag-Cu 合金に実際に色揚げ処理を再現し、作製した試料と文化財試料とを比較することにより、色揚げ処理に効果的な条件や、保存に及ぼす効果を明らかにした点である。本研究の結果から、工芸の成熟期である江戸時代の工芸技法の水準の一端を、自然科学的手法で明らかにすることができ、同時に金属文化財の保存や修復に有用な基礎データを提供するものである。

研究手法では、ごく微量の破壊分析である収束イオンビーム(FIB)法や、変角分光イメージング装置等の非破壊分析を利用し、最小限の破壊分析により、色揚げ処理層を解析した。これらの研究手法は、今後の保存科学分野での研究手法を提案するものである。

以上のように本研究は、文化財保存学研究分野及び美術工芸分野に大きく寄与できるものであると考えている。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導いただきました東京芸術大学大学院美術研究科 文化財保存学専攻 桐野文良教授、永田和宏教授及び稲葉政満教授に深く感謝致します。また、本研究をまとめるにあたり、ご指導いただきました東京芸術大学大学院美術研究科 文化財保存学専攻 木島隆康教授に深く感謝致します。試料作製方法に関しては、瀬田愛子元教育研究助手及び大野直志教育研究助手に丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。また、本研究を進めるにあたり、透過電子顕微鏡の観察にご協力いただいた(株)日立ハイテクマニュファクチャ&サービス下津輝穂氏、変角分光イメージング装置による色彩解析にご協力いただいた(株)オフィス・カラーサイエンス大住雅之氏、応力測定にご協力いただいた(株)リガク横山亮一氏、根津暁充氏、梅酢の成分分析にご協力いただいた東京芸術大学大学院 李ガン氏、梅酢中の Ag 及び Cu の定量分析にご協力いただいた(一財)日本食品分析センターに感謝致します。最後に、研究をまとめるにあたり、ご助言いただきました本研究室の教育研究助手と学生の皆様に心より感謝いたします。また、本研究の一部は JSPS 科研費 (25-4718) の助成を受けたものです。ここに深謝いたします。

## 研究業績

### 論文等

- 1) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代貨幣『豆板銀』の表面層の構造」 日本金属学会誌 第 76 卷, 第 4 号, pp265-271, 2012 年
- 2) S. Taguchi, M. Osumi and F. Kirino “Surface Structure and Color of *Chogin*- and *Mameitagin*-coins Used in the Edo Period”, AIC Colour 2013, Proceedings of the 12th Congress, Newcastle Gateshead, United Kingdom, 8-12 July 2013

### 学会発表

- 1) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代貨幣『豆板銀』の表面層の構造」 日本金属学会 第 148 回春期講演大会, 東京, 2011 年
- 2) 田口智子, 桐野文良, 瀬田愛子 「江戸時代貨幣『豆板銀』の表面層の解析と色彩の再現」 文化財保存修復学会 第 33 回大会, 奈良, 2011 年
- 3) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代貨幣『豆板銀』の解析に基づく色彩の再現」 日本色彩学会, 第 43 回大会, 京都, 2012 年
- 4) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代に製造された丁銀及び豆板銀の表面層の構造」 文化財保存修復学会 第 34 回大会, 東京, 2012 年
- 5) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代銀貨『丁銀』及び『豆板銀』の表面層の構造と色彩」 測色研究会研究発表会, 東京, 2012 年
- 6) 田口智子, 大住雅之, 桐野文良 「光学的手法及び表面微細構造解析による江戸時代貨幣『丁銀』の色彩の検討」 日本色彩学会, 第 43 回大会, 東京, 2013 年
- 7) S. Taguchi, M. Osumi and F. Kirino “Surface Structure and Color of *Chogin*- and *Mameitagin*-coins Used in the Edo Period,” 12<sup>th</sup> International AIC Colour Congress, Newcastle upon Tyne, England, July, 2013
- 8) 田口智子, 大野直志, 桐野文良 「江戸時代貨幣『豆板銀』に用いられた色揚げ処理技法の復元的研究」 文化財保存修復学会 第 34 回大会, 仙台, 2013 年

### その他発表

- 1) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代貨幣『豆板銀』の表面層の構造」 第 10 回保存 科学研究室発表会, 2010 年
- 2) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代貨幣『豆板銀』の解析に基づく色彩の再現」 第 11 回保存科学研究室発表会, 2011 年
- 3) 田口智子, 桐野文良 「江戸時代に製造された丁銀及び豆板銀の表面層の色彩」 第 12 回保存科学研究室発表会, 2012 年
- 4) 田口智子, 桐野文良 「文化財に用いられた螺鈿の色彩の検討」 第 13 回保存 科学研究室発表会, 2013 年 10 月発表

### その他

平成 25 年 4 月～ 日本学術振興会 特別研究員 (DC2)  
研究課題名: 成熟した金属工芸技法を用いた江戸時代金属貨幣の色彩と着色層の微細構造に関する研究